

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



**Análisis del Impacto Medio Ambiental de un Vehículo**

**Automóvil**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**Ingeniería Técnica Industrial: Mecánica**

Autora:

**María Jesús Lima Barriopedro**

Tutor:

**José Antonio Calvo Ramos**

**JULIO 2009**



## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	7
1.1.	OBJETIVO .....	8
1.2.	ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	9
2.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL .....	11
2.1.	CONTAMINANTES DE UN VEHÍCULO.....	12
2.1.1.	FASE DE USO.....	15
2.1.1.1.	CONTAMINACIÓN GASEOSA.....	17
2.1.1.2.	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	21
2.1.2.	FASE DE RETIRO .....	24
2.1.2.1.	COMPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS VFUs .....	26
2.1.2.2.	RESIDUOS.....	28
2.1.2.3.	REUTILIZACIÓN .....	30
2.2.	EFFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE .....	33
2.2.1.	EFFECTOS GLOBALES .....	34
2.2.1.1.	EFFECTO INVERNADERO. ....	34
2.2.1.2.	DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO. ....	36
2.2.1.3.	LLUVIA ÁCIDA.....	37
2.2.1.4.	DESAPARICIÓN DE SELVAS TROPICALES. ....	7
2.2.1.5.	CONTAMINACIÓN DE LA BIOSFERA.....	38
2.2.1.6.	PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD.....	38
2.2.2.	EFFECTOS LOCALES .....	39
2.2.2.1.	EL MEDIO URBANO.....	39
2.2.2.2.	EL MEDIO RURAL.....	40
2.2.2.3.	EL MEDIO NATURAL.....	40
2.2.3.	IMPACTOS SOCIALES.....	40
3.	DIRECTIVAS EUROPEAS .....	46
3.1.	ANTECEDENTES .....	46
3.2.	POLÍTICA DE MEDIO AMBIENTE.....	49
3.2.1.	OBJETIVOS.....	50
3.2.2.	ELABORACIÓN DE LA NORMATIVA .....	51
3.2.3.	SEXTO PROGRAMA DE ACCIÓN.....	52
3.3.	ESTRATEGIA EUROPEA.....	53



3.3.1.	CAMBIO CLIMÁTICO.....	54
3.3.2.	ENERGÍA LIMPIA .....	56
3.3.3.	MEDIDAS DE LUCHA HASTA 2020 .....	58
3.3.4.	LA VIGILANCIA MUNDIAL .....	61
3.4.	TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE .....	62
3.4.1.	SITUACIÓN EN EUROPA DEL TRANSPORTE.....	63
3.4.2.	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA .....	69
3.4.2.1.	DIRECTIVAS EUROPEAS DE CALIDAD DEL AIRE .....	72
3.4.3.	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	79
3.4.3.1.	DIRECTIVA EUROPEA CONTRA EL RUIDO .....	82
3.4.4.	RESIDUOS.....	85
3.4.4.1.	DIRECTIVA SOBRE RESIDUOS .....	86
4.	NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	91
4.1.	COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS .....	93
4.1.1.	BIOETANOL .....	94
4.1.2.	GAS NATURAL.....	97
4.1.3.	BIODIÉSEL .....	100
4.1.4.	GTL, CTL Y BTL .....	102
4.1.5.	HIDRÓGENO .....	104
4.2.	COCHES DEL FUTURO .....	110
4.2.1.	DOWNSIZING .....	111
4.2.2.	BIOCOMBUSTIBLES .....	112
4.2.3.	HÍBRIDOS .....	114
4.2.4.	HIDRÓGENO .....	116
4.3.	PRÓXIMOS LANZAMIENTOS .....	119
4.4.	OTRAS MEDIDAS.....	122
4.4.1.	POR PARTE DE LOS FABRICANTES .....	123
4.4.2.	POR PARTE DEL GOBIERNO.....	124
4.4.3.	POR PARTE DE LOS USUARIOS.....	125
5.	CONCLUSIONES .....	127
6.	REFERENCIAS .....	129
7.	ANEXO I.....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Ciclo de vida de un producto .....	12
Figura 2.2	Impactos ambientales de cada etapa del ciclo de vida de un automóvil. ....	14
Figura 2.3	Proceso de tratamiento de un VFU. ....	27
Figura 2.4	Composición de VFU .....	28
Figura 2.5	Agujero de la capa de ozono en septiembre de 2005. ....	37
Figura 3.1	Crecimiento del volumen de transporte y PIB desde 1995. ....	64
Figura 3.2	Emisiones totales de GEI en 2006. ....	65
Figura 3.3	Emisiones de GEI de la UE por sectores. ....	66
Figura 3.4	Proyección de las emisiones de GEI de la UE27 por países. ....	67
Figura 3.5	Porcentaje por modos de transporte. ....	68
Figura 3.6	Emisiones medias de CO <sub>2</sub> en la UE15 por tipo de combustible. ....	70
Figura 3.7	Personas afectadas por ruido en aglomeraciones de >250.000 habitantes. UE27. ....	82
Figura 4.1	Procesos de fabricación de Bioetanol. ....	95
Figura 4.2	Potencial de producción de biogas en Europa. ....	98
Figura 4.3	Diferencia de emisiones reguladas de un vehículo Euro 4 con gasóleo. ....	104
Figura 4.4	Componentes de un vehículo ligero de pila de combustible. ...	109
Figura 4.5	Smart CDi con motor 0.8 turbodiesel. ....	112
Figura 4.6	Renault Megane E85. ....	113
Figura 4.7	Fiat Multiplà. ....	114
Figura 4.8	Componentes de un vehículo híbrido. ....	114
Figura 4.9	Volvo C30 Recharge. ....	116
Figura 4.10	Esquema del motor del BMW Hydrogen 7. ....	117
Figura 4.11	Ciclo de funcionamiento del motor rotativo wankel. ....	118
Figura 4.12	Lotus Exige 270 E. ....	119
Figura 4.13	Pininfarina Sintesi. ....	120
Figura 4.14	Rinspeed sQuba. ....	120
Figura 4.15	Ferrari F430 Spider Biofuel. ....	121
Figura 4.16	Nissan Cube Denki. ....	122
Figura 7.1:	Etiqueta obligatoria .....	132



Figura 7.2: Etiqueta voluntaria .....	133
Figura 7.3: 30 vehículos con motor de gasolina eficientes .....	134
Figura 7.4: 30 modelos con motor diesel eficientes .....	135



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Impactos del automóvil a lo largo de su ciclo de vida. ....	15
Tabla 2.2 Porcentaje de gases. ....	17
Tabla 2.3. Emisiones relativas de diversas fuentes del automóvil. ....	17
Tabla 2.4. Emisión de contaminantes. ....	18
Tabla 2.5. Gases de escape según el régimen de funcionamiento. ....	18
Tabla 2.6 Efectos de las sustancias contaminantes sobre el Medio. ....	21
Tabla 2.7 . Niveles de emisión acústica. ....	23
Tabla 2.8 Porcentaje de recuperación. Informe Layman. ....	31
Tabla 2.9 Reciclabilidad de componentes. ....	31
Tabla 2.10 Potenciales de calentamiento mundial: Gases incluidos en el Protocolo de Kioto (1997). ....	35
Tabla 2.11 Efectos provocados por la contaminación atmosférica. ....	41
Tabla 2.12 Efectos de la contaminación sobre la salud. ....	42
Tabla 2.13 Alteraciones de la capacidad auditiva. ....	44
Tabla 2.14 Valores recomendados. ....	44
Tabla 3.1 Principales Actos Políticos. ....	49
Tabla 3.2 Emisiones promedio de CO <sub>2</sub> por marcas de automóviles de más de 15.000 unidades en la UE entre 1997 y 2005. ....	71
Tabla 3.3 Límites de emisiones contaminantes en vehículos. ....	75
Tabla 3.4 Análisis de humos en vehículos. ....	79
Tabla 4.1 Uso de combustibles alternativos en la UE. ....	91
Tabla 4.2 Consumo de energía fósil para la producción de etanol. ....	97
Tabla 4.3 Emisiones específicas de CO <sub>2</sub> de diversos carburantes. ....	99
Tabla 4.4 Comparativa de propiedades entre gasóleo y biodiesel. ....	101
Tabla 4.5 Ventajas e inconvenientes de los XTL. ....	103
Tabla 4.6 Resumen de características de las técnicas de producción de H <sub>2</sub> . ....	107

# 1. INTRODUCCIÓN

---

El transporte constituye un elemento esencial de la política económica de un país al contribuir de manera eficaz al desarrollo económico y social, a la vertebración del territorio, a la integración y cohesión del espacio y a la mejora de las áreas más deprimidas o alejadas a las más desarrolladas o centrales. Por lo que transporte y desarrollo económico están íntimamente ligados. Esta relación puede medirse mediante su participación en el producto interior bruto (PIB), cuya contribución, en términos de valor añadido ha venido oscilando a lo largo de los últimos años en torno al 5,7%, lo que pone de manifiesto la importancia que mantiene el sector en la economía.

Además se halla en una contradicción permanente, entre una sociedad que demanda mayor movilidad y simultáneamente soporta cada vez menos sus costes negativos: la congestión de algunas redes, el deterioro del medio ambiente, el consumo de energía y la mediocre calidad de prestaciones que ofrecen algunos servicios de transporte [1].

Según datos de la Organización Internacional de Constructores de Automóviles, la producción mundial de vehículos alcanzo en 2007 la cifra de 73,1 millones de unidades, lo que supone un aumento del 6,4% respecto a los 69,33 millones de unidades del año anterior [2].

Frente a esta demanda de transporte cuyo aumento supera al de la economía, tanto a nivel nacional como de la Unión Europea (UE), la respuesta no puede ser tan solo la construcción de infraestructuras y la apertura y liberación de mercados. Un sistema de transporte moderno debe ser sostenible desde un punto de vista económico, social y medioambiental, y ante la aceleración de la demanda de movilidad en nuestra sociedad, que conllevará un crecimiento del consumo energético, es fundamental establecer ideas o pautas de consumo que incrementen la eficiencia energética para reducir la dependencia del petróleo sin limitar el crecimiento.

Una de las características fundamentales de la situación energética del sector transporte es la amplia dependencia de los productos derivados del petróleo, que representan en la actualidad el 99% del consumo del sector. Esto representa un 40% del total de los consumos energéticos de un país. Y se ha podido observar que el crecimiento de los consumos entre 1990 y 2000 fue de un 45% y se estima que crecerá otro 65% entre 2000 y 2012. Es evidente la vital importancia de reducir en el mayor grado posible su crecimiento pues está vinculado a una gran cantidad de factores externos negativos. Y el mejor procedimiento es obtener una mayor eficiencia.

Por ejemplo, el sector transporte contribuye con un 21% a las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, todas ellas dependientes del consumo de energía; el aumento de la eficiencia energética en

el sector, tendrá un efecto positivo en la reducción de emisiones y en la contribución si cumple los objetivos ambientales marcados por las directivas en materia de calidad del aire, aunque sólo la mejora de eficiencia no es suficiente para el cumplimiento de los compromisos que se han establecido para la UE y serán precisas otras medidas.

El objetivo de esta estrategia de eficiencia energética, es conseguir una distribución modal con mayor protagonismo de los modos y medios más eficientes, por ejemplo, en el ámbito interurbano, se trata de ganar participación del modo ferrocarril, en detrimento del modo carretera, y en el ámbito urbano se promoverá la transferencia modal al transporte público.

Como principal resultado del estudio realizado por la Dirección General de Política Energética, en relación al consumo energético esperado por modo de transporte para el año 2012, cabe señalar que se producirá un ahorro aproximado de 21.000 ktep (1ktep=1000 toneladas equivalentes de petróleo o 11.630.000 kw-h) durante el periodo 2004-2012.

No obstante el cumplimiento de los objetivos choca con una serie de obstáculos de diversas categorías, de carácter legislativo, económico o de provisión, que hace que sea necesario implementar medidas específicas, ya sea la coordinación entre diferentes administraciones, la aplicación de impuestos, la asignación de recursos o la estructuración de los mercados, que ayuden a superarlos [3].

### **1.1. OBJETIVO**

El objetivo que nos ocupa en el presente proyecto, es el análisis global del impacto medioambiental de los vehículos automóviles; se pretende ofrecer una visión general, de la evolución en los últimos años, de las directivas europeas aplicadas a dichos vehículos con respecto a las emisiones, el uso de materiales peligrosos y el reciclado de sus componentes.

Para empezar se procede a exponer una breve introducción del problema de la contaminación atmosférica y un estudio del ciclo de vida de un vehículo automóvil para dar a conocer los principales contaminantes emitidos por éste a lo largo de su vida durante las fases más críticas, así como los residuos al final de su vida útil y el tratamiento de los mismos. Después se procederá a un estudio sobre los efectos de estos contaminantes en la vida sobre el planeta tierra, sobre la sociedad y los fenómenos que originan el cambio climático.

A partir de esta información se prosigue con una evaluación de los efectos que dichas emisiones provocan en el medio ambiente a nivel global y se exponen los efectos secundarios que pueden afectar a los ecosistemas y la biodiversidad del planeta.

Durante estos últimos años se ha prestado mucha atención al problema de los residuos ocasionados por los automóviles al final de su vida útil, siendo un hito muy relevante la





elaboración por la Comisión Europea de la Directiva 2000/53/CE, relativa a los vehículos fuera de uso.

Pero hay que ser consciente de que el fin de vida no es el único problema medioambiental de los automóviles. Aspectos como las emisiones atmosféricas, el consumo de combustible, la gestión de los aceites usados, y la contaminación acústica, durante su etapa de uso, resultan igualmente importantes y requieren de actuaciones correctoras.

En este proyecto se realiza un análisis de los impactos ambientales que se producen a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida de un automóvil, centrándose en las fases más críticas, y el grado de importancia de dichos impactos.

Se deberá dar a conocer y revisar la normativa Europea vigente, respecto a la contaminación de los vehículos automóviles. Fijándonos en los gases más relevantes que son emitidos a la atmósfera sin olvidar la contaminación acústica y los residuos de materiales peligrosos generados por los vehículos así como el tratamiento de los mismos y los procesos de reciclado. En este punto se pretende exponer la evolución temporal de dichas directivas desde sus primeros borradores hasta la actualidad, y ponerlo en relación con los desarrollos tecnológicos originados por parte de los fabricantes como medida de adaptación a la normativa. Haciendo un repaso a los protocolos, acuerdos y asociaciones a favor de la causa.

Tras este análisis, se exponen las posibles medidas que han adoptado tanto los fabricantes de vehículos como las administraciones públicas para minimizar los problemas previamente identificados. Por tanto, será de gran importancia conocer las estrategias y recopilar las soluciones y tecnologías desarrolladas por los fabricantes en el proceso.

Finalmente se extraerán las conclusiones relativas a futuros desarrollos, posibles normativas correctivas y vías alternativas que ayuden a reducir la contaminación medioambiental del vehículo.

Además, para completar este proyecto se incluyen algunos consejos útiles sobre conducción ecológica, y se ofrecen algunas informaciones básicas sobre los vehículos existentes en el mercado actual y sus características.

## 1.2. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

En los capítulos segundo y tercero, IMPACTO MEDIOAMBIENTAL y DIRECTIVAS EUROPEAS, se hace un planteamiento del estado del arte y una introducción a la situación actual y la evolución a lo largo del tiempo de las directivas vigentes en el tema de medioambiente en relación a la contaminación producida por los vehículos automóviles.

En el capítulo segundo se muestran los conceptos generales de la contaminación y se analizan los contaminantes generados por un vehículo a lo largo de su vida y en la fase de retiro y reciclado, mientras que el capítulo tercero se centra en la normativa que rige en la



Unión Europea sobre cada uno de los contaminantes y se habla de la situación del sector del transporte en Europa.

En el capítulo tercero, DIRECTIVAS EUROPEAS, además se extraen conclusiones relativas a futuras normativas que ayuden a reducir la contaminación medioambiental. Y se analizan las modificaciones de las directivas y sus objetivos de cumplimiento en el futuro.

En el capítulo cuarto, NUEVAS TECNOLOGÍAS, se hace un análisis de las tecnologías existentes en el sector del automóvil así como de las tendencias futuras consecuencia de las restricciones impuestas por las directivas. Se enumeran algunas de las características de los vehículos existentes en el mercado y los posibles futuros carburantes, y se exponen algunos consejos básicos en cuanto a conducción ecológica.

En el capítulo quinto, CONCLUSIONES, se exponen las conclusiones extraídas a partir de los datos recogidos en este proyecto y se hace una valoración de los mismos.

Por último en el capítulo octavo, REFERENCIAS, se enumera la literatura consultada para elaborar este proyecto de fin de carrera.

## 2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

---

La contaminación del aire, agua y suelo es una realidad tristemente asumida por la sociedad, que ve el sistema de producción actual un mal menor en aras del crecimiento económico y la “calidad de vida”. Sin embargo, este concepto instalado en el imaginario colectivo queda en entredicho cuando se descubren los niveles de contaminantes que existen en la naturaleza y en el propio individuo. Algunos datos recogidos en este proyecto pueden dar idea del alcance del problema de la contaminación en España. El propio Registro Estatal de Fuentes Contaminantes, EPER, que recoge los datos proporcionados por las 2.159 industrias más contaminantes de España sobre 44 sustancias peligrosas, reconoce el vertido de más de 1.200.000 toneladas de estos contaminantes al agua cada año. El aumento de la contaminación se corresponde con un aumento de la incidencia de determinadas dolencias como el cáncer y algunas enfermedades del sistema reproductor especialmente en las áreas más contaminadas.

La contaminación se define como acción de contaminar que, a su vez, la RAE (Real Academia Española) define como *“alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos”*. Cuando alteramos las condiciones normales de nuestro medio ambiente se producen cambios, casi siempre impredecibles y, en muchos casos, irreversibles.

Un contaminante es toda sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética, que en su proceso de producción, manejo, transporte, almacenaje o uso puede incorporarse al medio. Los efectos que puede tener la introducción de contaminantes en el medio ambiente son diversos.

Las principales fuentes de contaminación química son las emisiones y vertidos industriales, la gestión de los residuos y los hidrocarburos. Según la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), la producción industrial y el comercio contribuyen en un 41,4% a la contaminación del suelo, el vertido y tratamiento de los residuos urbanos en un 15,2% y la industria del petróleo en un 14,1%.

La contaminación afecta a distintos medios. Los principales contaminantes atmosféricos son los gases de efecto invernadero que potencian el cambio climático (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>...), los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs) y las partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). Los contaminantes más relevantes en agua y suelo son el nitrógeno y el fósforo, los metales pesados, las sustancias organocloradas y los hidrocarburos.

En ocasiones la contaminación tiene lugar por la liberación de sustancias que se encuentran en la naturaleza, pero en concentraciones muy superiores. Este aumento de la concentración

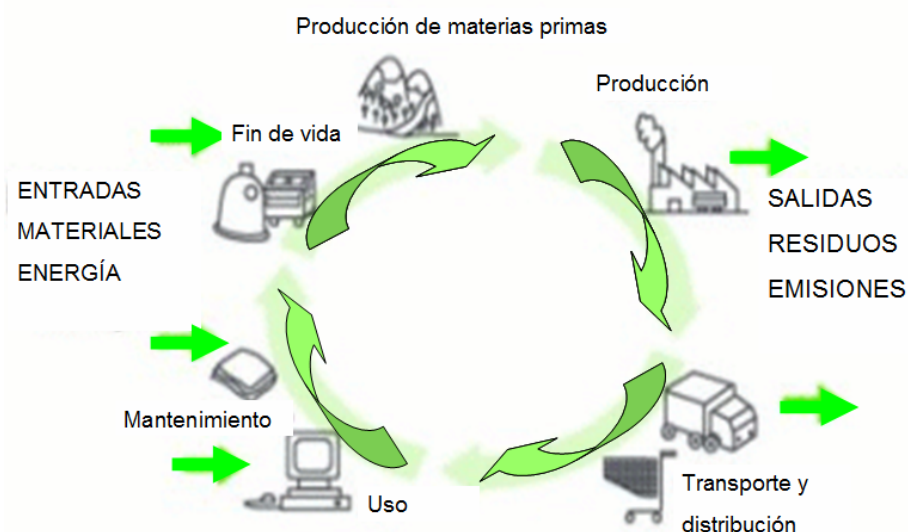
de determinadas sustancias que provoca el hombre desequilibra las condiciones químicas del medio, altera los ecosistemas y deriva en la degradación de la calidad de los recursos naturales [4].

## 2.1. CONTAMINANTES DE UN VEHÍCULO

El conocimiento de las herramientas y enfoques de la gestión del ciclo de vida está creciendo entre las industrias europeas y americanas del automóvil. Esto ha originado la proliferación de estudios y proyectos encaminados a analizar los impactos del ciclo de vida de diferentes materiales, procesos, y productos en el mencionado sector. El ciclo de vida de cualquier producto tiene en cuenta toda su historia, desde su origen como materia prima hasta su final como residuo, incluyendo todas las fases intermedias.

Un breve análisis del ciclo de vida del automóvil permite comprobar cuáles son los principales elementos del medio ambiente afectados por el sector. Una visión clásica de las etapas del ciclo de vida de producto es la que se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Ciclo de vida de un producto



A continuación se analiza el ciclo de vida de un automóvil, con el objetivo de detectar los impactos medioambientales que se producen en cada una de las etapas del mismo. Los impactos y las consideraciones medioambientales que se derivan de la obtención y tratamiento de recursos naturales que sirven de entrada para el material del automóvil incluyen el consumo de recursos (material y energía). Además, se consumen grandes cantidades de energía en el calentamiento, enfriamiento/refrigeración, y producción de millones de toneladas de acero, aluminio, plástico y vidrio. Procesar estos materiales implica



la utilización de una variedad de metales pesados, compuestos químicos tóxicos y disolventes clorados.

En la fase de fabricación, junto a las operaciones de pintado y recubrimiento, están las operaciones de fundición de metal, que son las principales operaciones donde se originan emisiones atmosféricas. Aproximadamente, el 56% de todas las emisiones son causadas por las operaciones de pintado y recubrimiento. La mayoría de las corrientes de residuos sólidos generadas en una planta de montaje de automóviles son lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales, residuos de aceite, basura de la planta, y desechos de componentes metálicos.

La fase de uso de un automóvil es responsable, aproximadamente, del 80% del consumo de energía primaria total del ciclo de vida de un automóvil. La mayoría de las emisiones de CO<sub>2</sub> y CO son liberadas durante el uso del mismo. La emisión de COV (compuestos orgánicos volátiles) durante el uso de un automóvil (por ejemplo gases de escape y evaporación de combustible) es mayor que la generada en cualquier otra etapa del ciclo de vida.

El segundo proceso que más contribuye a las emisiones de COV es el pintado de un automóvil, lo que ocurre no sólo durante su fabricación sino durante su reparación y mantenimiento.

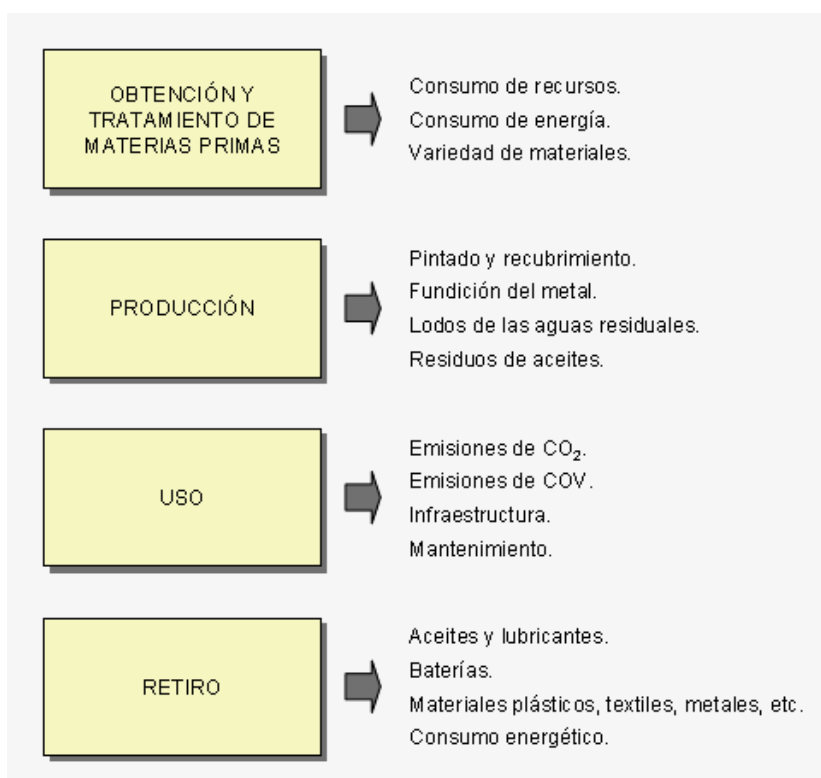
Además, el consumo de recursos cuando un vehículo circula, la infraestructura necesaria (carreteras, autopistas, estacionamientos, estaciones de servicio, etc.) y las operaciones de mantenimiento y servicio, contribuyen significativamente a los efectos medioambientales del uso de un automóvil.

Los impactos ambientales en la etapa de retiro consisten en residuos generados durante diferentes procesos de desmantelamiento y eliminación de los vehículos desechados, así como del consumo de energía empleado en estas actividades. El impacto es fuertemente dependiente de la composición del material de los vehículos.

El hecho de que los materiales utilizados para fabricar un automóvil cambien constantemente, tanto en morfología como composición, dificulta el proceso de desmantelamiento y reciclado, a la vez que aparecen intereses contrapuestos. Sirva como ejemplo el siguiente: la sustitución de piezas metálicas por otras de un material más ligero, utilizando diferentes familias de polímeros plásticos, reduce el consumo de combustible y en consecuencia las emisiones atmosféricas, a la vez que dificulta los procesos de separación y clasificación de piezas, lo que hace más complejo el reciclado de las mismas.

A continuación en la Figura 2.2 se expone un esquema de los impactos medioambientales más importantes en cada etapa del ciclo de vida de un automóvil:

Figura 2.2 Impactos ambientales de cada etapa del ciclo de vida de un automóvil.



A modo de resumen, la Tabla 2.1 muestra que los principales impactos así como su grado de impacto, elevado, moderado y bajo, de un automóvil que se producen en la extracción y procesamiento de las materias primas y en la fase de uso. Los impactos medioambientales creados por el conjunto de la infraestructura necesaria para mantener el transporte por carretera son considerables y muy visibles en el paisaje. Un análisis de este tipo debería guiar a los fabricantes de automóviles en la búsqueda de oportunidades de mejora medioambiental.

Tabla 2.1 Impactos del automóvil a lo largo de su ciclo de vida.

	Extracción y tratamiento de materias primas		Fase de uso		Fin de vida
	Mat. Primas	Montaje	Conducción	Infraestructura	Disposición
Uso de energía y emisiones	Elevado	Moderado	Elevado	Moderado	Bajo
Impacto en suelos	Moderado	Bajo	Bajo	Elevado	Bajo
Residuos sólidos	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Elevado
Agentes contaminantes del aire	Elevado	Moderado	Elevado	Moderado	Moderado
Contaminación por ruido	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado	Bajo
Daño directo al ser humano	Bajo	Bajo	Elevado	Bajo	Bajo

Aunque la cantidad de contaminantes resultantes de un solo automóvil puede resultar insignificante, la concentración de los automóviles en las grandes ciudades implica un riesgo elevado de contaminación atmosférica para la humanidad y, a medio plazo, un deterioro irreversible para el planeta. Además se halla en una contradicción permanente, entre una sociedad que demanda mayor movilidad y simultáneamente soporta cada vez menos sus costes negativos: la congestión de algunas redes, el deterioro del medio ambiente, el consumo de energía y la mediocre calidad de prestaciones que ofrecen algunos servicios de transporte [1] y [3].

Para poder abordar este proyecto dándole una envergadura adecuada y ciñéndonos a las especificaciones del mismo, se estudiarán en detalle únicamente las fases de uso y la de retiro de un vehículo.

## 2.1.1. FASE DE USO

La composición de los gases de escape permite al técnico de un taller de automóviles sacar conclusiones acerca del funcionamiento del motor, sobre la preparación de la mezcla y sobre el encendido. Para analizar dichos gases se dispone de aparatos de comprobación de diversas tecnologías.



A su vez y motivados por la preocupación de reducir las sustancias nocivas para la salud de los gases de escape, la legislación ha previsto un análisis de las emisiones de dichos gases tanto para la homologación de todo tipo de vehículo nuevo como también para aquellos que ya se encuentren en circulación.

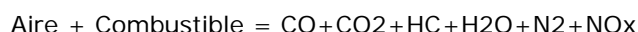
El refinamiento de los métodos de diagnosis y sobre todo la introducción de nuevas tecnologías para la reducción de las sustancias nocivas de los gases de escape, por ejemplo el uso del catalizador, obligan hoy a los talleres de automóviles a ampliar sus técnicas de medición. Si pretendemos sacar conclusiones inequívocas acerca del funcionamiento de todos los sistemas que rodean al motor, deben incluirse en la diagnosis todos los gases que interactúan y también supone la necesidad al taller de adquirir aparatos modernos y que los operarios se familiaricen con las pruebas y con sus múltiples posibilidades de diagnosis.

Si la combustión de los motores fuese completa o perfecta, las emisiones resultantes de la misma serían exclusivamente: nitrógeno (N<sub>2</sub>), anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y oxígeno. Evidentemente, esto no es así, la combustión siempre es incompleta y, dependiendo del tipo y condiciones de funcionamiento de cada motor, en las emisiones emitidas a la atmósfera a través del tubo de escape se pueden localizar una cantidad de componentes nocivos próxima al 1%.

Entre las emisiones contaminantes emitidas por los motores destacan, por cantidad y toxicidad, el monóxido de carbono (CO) en los motores Otto (Gasolina) y la partículas sólidas en forma de cenizas y hollín en los motores Diesel (Gasóleo), resultantes de mezclas excesivamente ricas con exceso de combustible y déficit de aire.

Otras emisiones contaminantes generadas en la combustión de los motores son: los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), resultantes de las altas temperaturas de la combustión y los hidrocarburos no quemados (HC), resultantes de la combustión incompleta, partículas, plomo y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Todos estos productos se obtienen a partir del aire y del combustible que ingresa al motor, el aire tiene un 80% de Nitrógeno y un 20% de Oxígeno (aproximadamente). Por lo que la reacción que tiene lugar es:



Además se debe tener en cuenta que en el motor de un vehículo no se produce una combustión continua, sino cíclica, en la que los periodos de combustión son muy cortos, la relación de la mezcla varía constantemente, las temperaturas del aire de admisión y de la cámara de combustión no son constantes y los motores, por sus condiciones constructivas o por defectos de funcionamiento tampoco permiten alcanzar las condiciones ideales.

Los valores normales que se obtienen a partir de la lectura de un analizador de gases conectado a un motor de un vehículo de inyección electrónica se muestran en la Tabla 2.2:



Tabla 2.2 Porcentaje de gases

CO	<2%
O2	<2%
CO2	>12%
HC	<400ppm

El nitrógeno, normalmente, entra en el motor y sale del mismo en la misma cantidad y en la medida que el motor no este bajo carga importante no forma óxidos de nitrógeno [5].

### 2.1.1.1. CONTAMINACIÓN GASEOSA

Analicemos las fuentes de emisión de un automóvil: el escape, el cárter, el depósito de combustible y el carburador. En la Tabla 2.3 se refleja la importancia relativa de cada una de estas fuentes en las emisiones de diversos contaminantes, para un automóvil que no disponga de medios de corrección. Como se ve, la mayoría de los contaminantes se emiten por el escape. En la Tabla 2.4 se expresan las cantidades de contaminantes que salen por el tubo de escape en función del tipo de motor, para un vehículo europeo en tráfico urbano, no dotado de elementos correctores. Estas emisiones dependen también del régimen de funcionamiento del motor. Un ejemplo de composición de los gases de escape en función del régimen se da en la Tabla 2.5:

Tabla 2.3. Emisiones relativas de diversas fuentes del automóvil.

FUENTE	CONTAMINANTES (%)			
	CO	HC	NOx	Partículas
Escape	100	62	100	90
Emisión del cárter		20		10
Evaporación del tanque de combustible		9		
Evaporación del carburador		9		



Tabla 2.4. Emisión de contaminantes.

CONTAMINANTE	MOTOR DE GASOLINA	MOTOR DIESEL
Monóxido de carbono, %	6	0.20
Óxidos de nitrógeno. %	0.450	0.35
Hidrocarburos, %	0.400	0.04
Dióxido de azufre, %	0.007	0.04
Hollín, mg/l	0.050	0.30

De este modo, la toxicidad de los motores Diesel depende principalmente del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín. La toxicidad de los motores de encendido provocado depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.

Tabla 2.5. Gases de escape según el régimen de funcionamiento.

CONTAMINANTE	RALENTÍ	ACELERACIÓN	VELOCIDAD DE CRUCERO	DECELERACIÓN
CO (%)	4-9	0-8	1-7	2-9
HC (ppm)	500-1000	50-800	200-800	3000-12000
NOx (ppm)	10-50	1000-4000	1000-3000	5-50

Analicemos ahora cada uno de estos gases por separado:

### *a. CO (MONÓXIDO DE CARBONO):*

Es el resultado de la combustión incompleta del combustible, debido a la escasez de oxígeno no es posible la oxidación completa del carbono para formar CO<sub>2</sub> y por tanto aquellas condiciones que propician la combustión total tienden a reducir la cantidad de CO presente en el escape. Un factor importante es la relación aire-combustible.

En los motores diesel las mezclas son siempre pobres y por ello las emisiones de CO son muy bajas.

### *b. CO<sub>2</sub> (DIÓXIDO DE CARBONO):*

Es también el resultado del proceso de combustión, no es tóxico a bajos niveles, es el gas de la soda, el anhídrido carbónico. El motor funciona correctamente cuando el CO<sub>2</sub> está a su nivel más alto, este valor porcentual se ubica entre el 12 y el 15%. Es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión. Por regla general, lecturas bajas son indicativas de un mal proceso de combustión, ya sea por una mala mezcla o un encendido defectuoso.



### *c. HC (HIDRO CARBUROS):*

Las condiciones de oxidación en un motor de combustión interna hacen que se originen, además de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, otros productos entre los que figuran diversos hidrocarburos parcialmente oxidados y además, queda presente parte de la gasolina sin quemar. La unidad de medida es el ppm, partes por millón. La conversión sería 1%=10.000ppm; se utiliza esta unidad debido a que la concentración de HC en el escape es muy pequeña. Una indicación alta de HC muestra que la mezcla es rica, por lo que el CO también tendrá un valor alto, o una mala combustión.

Son diversas las razones por las que quedan hidrocarburos sin quemar, entre ellas:

- La combustión incompleta hace que aumenten los HC inquemados.
- El efecto pared hace que la capa de mezcla aire-combustible que está en las proximidades de la superficie de la culata, el pistón y el cilindro que tiene gran facilidad para ceder el calor, no alcance la temperatura suficiente para quemar.
- Absorción y desorción de combustible a causa del lubricante.
- Cortocircuito de la carga fresca. Fenómeno apreciable en los motores de cuatro tiempos, cuando estando aún abierta la válvula de escape se abre la de admisión.

La emisión de hidrocarburos inquemados tiene una importancia similar en los motores diesel.

### *d. NO<sub>x</sub> (ÓXIDO DE NITRÓGENO):*

Los NO<sub>x</sub> comprenden el NO y el NO<sub>2</sub>. Y es el NO el que predomina en los motores de combustión. Su principal fuente de producción es la oxidación del nitrógeno del aire a altas temperaturas de combustión. El nitrógeno del combustible es una fuente adicional para la formación de NO, pero éste no es el caso de la gasolina ni el gas-oil cuyos niveles de nitrógeno son despreciables.

Consideraciones teóricas indican que para los gases producidos a la temperatura típica de llama la relación NO<sub>2</sub>/NO es despreciable. Los datos experimentales confirman esto para los motores de gasolina, mientras que para los diesel el NO<sub>2</sub> llega a ser del 10 al 30% de los óxidos de nitrógeno.

Puesto que estos óxidos son perjudiciales para los seres vivos, los motores incorporan el sistema EGR (recirculación de gas de escape), con el objetivo de disminuir dicha emisión. Este sistema está constituido por una válvula, de accionamiento neumático o eléctrico, que permite que parte de los gases de escape pasen a la admisión del motor y de esta forma se encarezca la mezcla. Si bien el motor pierde potencia, la temperatura baja y con ello disminuye la emisión de NO<sub>x</sub>.

### *e. PARTÍCULAS:*

En los motores de gasolina la emisión de partículas no es significativa. Estas partículas pueden ser de tres clases: plomo, partículas orgánicas y sulfatos. Es en los motores diesel donde la formación de partículas adquiere importancia. Si durante el proceso de combustión existen zonas con dosados muy ricos, al alcanzarse elevadas presiones y temperaturas con falta de oxígeno puede suceder que la cadena de HC comience a fracturarse y deshidrogenarse y quedar fácilmente convertida en carbono.

Estas emisiones de partículas crecen con la cantidad de combustible inyectada después del tiempo de retardo; es decir, las emisiones crecen con todos aquellos parámetros que tienden a disminuir el tiempo de retardo, tales como el aumento de la relación de compresión, el aumento del número de cetano del combustible y la disminución del avance a la inyección.

Para aumentar el poder antidetonante de la gasolina se utilizan aditivos como el plomo tetraetilo  $(C_2H_5)_4Pb$ . Durante el proceso de combustión esta sustancia reacciona dando entre otros compuestos, óxidos de plomo que se depositan en válvulas, bujías y paredes de la cámara de combustión, lo que afecta al funcionamiento del motor debido principalmente a la aparición de puntos calientes. Para evitar estos depósitos se añaden también compuestos como el dibromuro de etilo  $Br_2C_2H_4$ , que en el proceso de combustión da origen a productos volátiles que son los que aparecen entre los gases de escape del motor. Hay que añadir las que están formadas por material de arrastre de aquellos depósitos, fenómeno que crece al aumentar el kilometraje del vehículo.

Las partículas tienen una composición similar a la de estos depósitos y contienen un 60-65% de sales de plomo, un 30-35% de  $Fe_2O_3$  y un 2-3% de material carbonoso.

### *f. SO<sub>2</sub> (DIÓXIDO DE AZUFRE):*

Este compuesto procede de la oxidación del azufre contenido en el combustible y la cantidad emitida por el escape es directamente proporcional al contenido de azufre del combustible. En las gasolinas la cantidad de azufre no supera el 0.1% y, por tanto, las emisiones de  $SO_2$  en los motores de encendido por chispa son muy bajas. En cambio, la proporción de azufre en los gasóleos puede alcanzar hasta el 0.5% lo que supone cierta importancia.

A la contaminación originada por las emisiones de los escapes se suma también el riesgo significativo de los refrigerantes que se han venido utilizando y que, de hecho, siguen en circulación en muchos países. Los refrigerantes utilizados en los equipos de aire acondicionado resultan ser agentes muy agresivos con la capa de ozono, además de contribuir de manera notable al efecto invernadero.

Su estabilidad en las capas altas de la atmósfera multiplica sin duda su poder de degradación del ozono estratosférico. Esta situación ha motivado la sustitución de los refrigerantes clorados por otros compuestos menos dañinos.



El refrigerante más utilizado en equipos de climatización de automóviles ha sido el R-12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ). En menor medida también se han utilizado el R-22 y el R-502, conocido como HFCs o CFCs según su composición.

Los problemas medioambientales derivados de la destrucción de la capa de ozono que origina la presencia de cloro en su composición han motivado su sustitución por el R-134a (HCFC) de características técnicas muy similares, pero prácticamente inocuo con la capa de ozono de la atmósfera [6].

A continuación se muestra en la Tabla 2.6 un esquema con los principales efectos producidos sobre la naturaleza por los diversos gases, dichos efectos se explicarán más detalladamente en el apartado 2.2.1 del presente proyecto.

Tabla 2.6 Efectos de las sustancias contaminantes sobre el Medio.

Efectos	Sustancias contaminantes
Efecto invernadero	$\text{CO}_2$ Dióxido de carbono
	CO Monóxido de carbono
	$\text{CH}_4$ Metano
	$\text{N}_2\text{O}$ Monóxido de nitrógeno
	HFC Compuestos hidrogenofluorcarbonados
	PFC Compuestos polifluorcarbonados
Lluvia ácida	$\text{SF}_6$ Hexafluoruro de azufre
	$\text{SO}_x$ Óxidos de azufre
	$\text{NO}_x$ Óxidos de nitrógeno
Deterioro de la capa de ozono	$\text{NH}_3$ Amoníaco
	HFC Compuestos hidrogenofluorcarbonados
	PFC Compuestos polifluorcarbonados
Contaminación fotoquímica	$\text{SF}_6$ Hexafluoruro de azufre
	$\text{NO}_x$ Óxidos de nitrógeno
	COVNM Compuestos orgánicos volátiles ( se excluye el metano)

### 2.1.1.2. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

El ruido está constituido por el conjunto de sonidos no deseados, fuertes, desagradables o inesperados. El ruido ambiental se ha desarrollado en las zonas urbanas y es hoy una fuente



de preocupación para la población. Según recientes estudios efectuados para la OCDE (organización para la cooperación y el desarrollo económico), alrededor del 20% de los habitantes de Europa occidental (es decir, 80 millones de personas) están expuestos a niveles de ruido que los expertos consideran inaceptables, es decir, de intensidad superior a la aceptable (65 decibelios (dB)), mientras que otros 170 millones de personas están expuestas a un nivel molesto (entre 55 y 65 dB). Este ruido está causado por el tráfico, y las actividades industriales y recreativas.

Los efectos del ruido pueden variar de un individuo a otro. Sin embargo, el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) «*El ruido en la sociedad - Criterios de salud medioambiental*», de 1996, señala que el ruido puede tener una serie de efectos nocivos directos para las personas expuestas al mismo, como alteraciones del sueño, efectos fisiológicos auditivos y no auditivos, básicamente cardiovasculares o interferencias en la comunicación.

A pesar de las diversas mejoras técnicas en los vehículos y de las medidas de carácter correctivo (pantallas acústicas, etc.), los niveles de ruido no han descendido en las últimas décadas, debido al constante aumento tanto del número de vehículos como de la movilidad.

Los principales focos de ruidos en un vehículo en movimiento son:

- El grupo motor: depende de tipo de motor, del número de revoluciones, de la velocidad a la que se circula y del estado de mantenimiento (especialmente del tubo de escape).
- Los neumáticos: al rodar sobre el pavimento. Por encima de los 80 Km/h el ruido de los neumáticos en los vehículos ligeros es el más importante, predominando sobre el resto a partir de los 110 Km/h.
- La carrocería: de tipo aerodinámico, debido a las turbulencias creadas en el aire por el paso del vehículo.
- Los frenos y la transmisión: si funcionan en condiciones normales no son fuentes de ruido.

El tipo de pavimento tiene importancia en el ruido de rodadura producido por los neumáticos, la pendiente y las curvas de la vía son otros parámetros que influyen en el ruido y también aumenta cuando el pavimento está húmedo.

Analizando más en detalle los ruidos de los MCI (motores de combustión interna) y formas para reducirlos:

Se entiende por ruido del MCI la emisión acústica que éste produce durante el trabajo. Los principales componentes del ruido del motor son: el ruido de admisión; el ruido por la deformación de las paredes de la cámara de combustión durante la compresión, combustión

y expansión; el ruido durante la combustión; el ruido provocado por las oscilaciones del motor sobre la suspensión; el ruido por golpes durante el trabajo de los mecanismos; el ruido por el funcionamiento de agregados del motor y el ruido durante el escape de los gases.

Algunos procedimientos para disminuir el ruido de los MCI son: ejercer influencia sobre las fuentes perturbadoras (colocando silenciadores); debilitar la transmisión de las vibraciones acústicas desde la fuente de perturbación hacia la superficie que emiten ruido (colocando en el camino de propagación materiales que absorben la energía de las oscilaciones); encapsular el motor y reducir la eficiencia de la emisión mediante elementos aislados exteriores de la estructura del MCI (empleando pantallas, cambiando la configuración de las piezas) [7].

Una escala objetiva para determinar la intensidad sonora son los decibelios (dB). La medición sonora con la variación de dB se asimila a la receptibilidad del oído humano en la gama auditiva de 20 Hz a 20.000 Hz. Las emisiones sonoras de los automóviles se miden durante el paso acelerado a una distancia de 7.5 m desde el centro del vehículo con la marcha más rápida.

A continuación, en la Tabla 2.7, se ofrece una comparación en cuanto a emisiones de ruidos entre diferentes fuentes.

Tabla 2.7 . Niveles de emisión acústica.

Fuente de ruido	Niveles de emisión en dB
Vehículo automóvil	70-77
Tractor	77-85
Camión	80-90
Discoteca	90-110
Avión al despegar	110-130

En la actualidad, los vehículos rodados se ven sometidos a una serie de ensayos de homologación que garanticen su perfecto funcionamiento y el cumplimiento de los parámetros establecidos en cuanto a seguridad y fiabilidad, ya que con el paso del tiempo, sus características de funcionamiento se ven seriamente degradadas. Por esta razón, las Estaciones de Inspección Técnica de Vehículos (ITV) actúan como organismo de control, filtrando aquellos vehículos cuyas condiciones de circulación no son aptas.

Las primeras ideas apuntaban al embarcado de micrófonos en el vehículo, para poder obtener directamente los niveles sonoros del mismo. Sin embargo, los problemas que se plantearon en este tipo de sistemas concluyeron con su descarte. Actualmente el método que

se utiliza es el Ensayo Pass-By con un array de micrófonos. Este método de medición consiste en la medición sonora del vehículo, con una antena de micrófonos tipo "array" lineal, a una distancia de 7,5 metros y midiendo en continuo. El vehículo circula siguiendo una línea de recorrido a una velocidad constante de 50 Km/h. Los niveles sonoros obtenidos, podrían ser posteriormente analizados y modificados empleando para ello modelos de propagación Sonora. De esta manera, se obtendrían los niveles de presión sonora para los diferentes ángulos relativos a la posición del vehículo.

Tras adoptar este formato para el ensayo, se procedió a simular el comportamiento de un sistema de array ante el ensayo pass-by de un vehículo rodado. Para ello, a través de matlab se simuló el paso de una fuente de ruido en movimiento emitiendo una señal tonal. El sistema se dispuso para diferentes frecuencias, puesto que la efectividad del sistema array va a depender en gran medida de la frecuencia a analizar (500Hz, 1000 Hz y 2000 Hz).

Con los resultados obtenidos en este tipo de ensayos, se puede llegar a la conclusión de que emplear un método de medición con un array direccional, permite la obtención de la huella sonora de un vehículo en movimiento a alta velocidad de una forma precisa y fiable.

Como se conoce la principal fuente de ruido de los vehículos en sentido general es el producido por el motor de combustión interna durante su funcionamiento. Para proporcionar al conductor un máximo de comodidad en la cabina es necesario tener en cuenta varios factores: el espacio en la cabina, los niveles de ruido y la temperatura en la misma. Se considera que el nivel de ruido estándar actual en la cabina es de 90 dB medidos a 200 mm desde el oído derecho del conductor; Persiguiéndose como objetivo final para el nivel de ruido dentro de la cabina el valor de 74 dB.

En nuestro país no se realizan controles de los niveles de ruido de los MCI. Con mucha frecuencia percibimos el acercamiento de un vehículo determinado debido a los altos niveles de ruido que emiten sus MCI durante su funcionamiento, esto es provocado por la eliminación de los silenciadores con que están provistos dichos motores: así por ejemplo la gran mayoría de las motocicletas de 50 cc no están provistas del mismo.

### **2.1.2. FASE DE RETIRO**

El Real Decreto 1383/2002 constituye una norma jurídica para los vehículos al final de su vida útil y establece las exigencias y requisitos técnicos y ambientales de su ciclo de vida.

Como desarrollo de este Real Decreto se elaboró el Plan de Vehículos fuera de uso (VFU 2001-2006), que actualmente está siendo revisado para hacerlo extensivo al período 2006-2013 y que recogerá, entre otros, los objetivos de mejora de los mecanismos de prevención de residuos y cuando ello no sea posible, la mejora en los procesos de reutilización, reciclado y valorización de los diferentes componentes del VFU. Todo ello, con vistas a la consecución de los objetivos fijados en la Directiva Europea 2000/53/CE para los años 2006 y 2015, que también han sido recogidos en el citado Real Decreto.



Actualmente se recicla un 75% de los vehículos al final de su vida útil (restos metálicos). El objetivo de esta Directiva es aumentar el porcentaje de reutilización y valorización hasta un 85% del peso medio por vehículo y año de aquí al año 2006, y hasta un 95% para el 2015, así como aumentar dentro del mismo plazo la reutilización y el reciclado hasta un mínimo del 80% y del 85%, respectivamente, del peso medio por vehículo y por año. Con respecto a los vehículos fabricados antes del 1980 se pueden fijar objetivos inferiores.

La regulación europea ha abordado su problemática mediante la Directiva 2000/53/CE que contiene un apartado específico referido a la reducción del contenido de sustancias peligrosas en los vehículos. Al mismo tiempo y con el fin de controlar el impacto ambiental del ciclo de vida de estos residuos, la citada norma europea, regula su gestión mediante recogida en instalaciones con características determinadas y tratamiento específico de los diferentes componentes que forman parte de un VFU.

Desde el punto de vista de la prevención de los residuos, el parque móvil español es relativamente obsoleto con una leve tendencia a rejuvenecerse. Un 39% de los turismos actualmente en circulación tienen más de diez años. La tendencia es favorable ya que en los datos recogidos en el Plan Nacional 2001-2006, este valor era del 40,3%. Este hecho ha sido debido principalmente a medidas adoptadas desde las administraciones públicas como el *"Plan Prever"*.

La antigüedad media de los vehículos que se van dando de baja desde el año 2000, es de aproximadamente de 15 años, tendencia que se mantiene al contrario de lo que ocurre en otros países de la UE donde ha disminuido.

El Parque móvil español ha experimentado un incremento en los últimos años, lo que significa que en los próximos la cantidad de este residuo generado aumentará de manera importante.

Gran cantidad de los componentes de un vehículo pueden ser reutilizados como piezas de desguace, una vez que el vehículo ha sido entregado a un Centro Autorizado de Tratamiento (CAT), convirtiéndose así en residuo. Para asegurar la correcta gestión de estos vehículos convertidos en residuo, y su adecuado tratamiento de descontaminación, se implanta un certificado de destrucción, que será expedido por estos centros, y sin el cual no se dará de baja ningún vehículo en el registro de la Dirección General de Tráfico (D.G.T.).

Por otra parte, el residuo VFU está incluido en la Lista Europea de Residuos (LER) con el código 160104 y está catalogado como peligroso. Diferentes componentes de este residuo también están catalogados como peligrosos dentro de la LER: aceites y sus filtros, componentes que contienen mercurio, componentes que contienen PCB, componentes explosivos como los sistemas de air-bags, zapatas de freno que contienen amianto, el líquido de frenos y los anticongelantes son algunos de ellos.

Por todo ello cabe pensar que la prevención en este tipo de residuos será difícil que se pueda lograr por la disminución de su volumen y, en consecuencia, hay que enfocarla a reducir la peligrosidad de los componentes ya que es difícil reducir su consumo.

De acuerdo con la Directiva europea, se ha transpuesto al Real Decreto la obligación, que está en vigor desde el 1 de julio de 2003, en virtud de la cual se deben adoptar medidas preventivas para disminuir el uso de sustancias peligrosas desde la fase de fabricación del vehículo. Estas restricciones del uso de materias peligrosas serán mucho más estrictas desde el año 2008, ya que será necesario que los vehículos que se fabriquen a partir de ese año deban acreditar que cumplen los objetivos de valorización y reciclado previstos para el año 2015, como condición para que se homologuen sus nuevos modelos [8].

Llegados a este punto del proyecto, a continuación se analizarán de forma general la composición de los VFUs y los procesos de tratamiento que se siguen en las CAT, sin entrar en detalle puesto que este estudio supondría la realización de un nuevo proyecto que por otra parte ya existe.

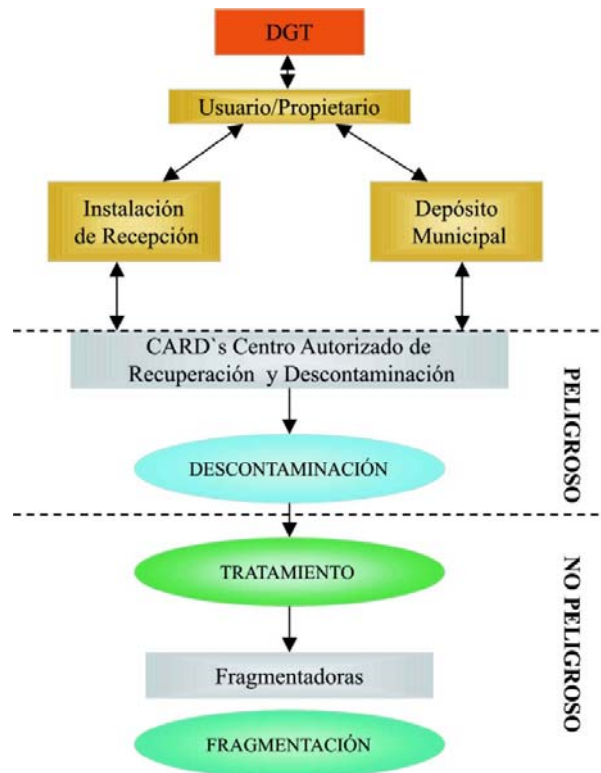
### ***2.1.2.1. COMPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS VFUs***

El proceso de tratamiento de los VFUs comienza, en el momento en que los vehículo son entregados al desguace, que pasa a denominarse CAT, una vez que ha realizado las inversiones necesarias para cumplir el Real Decreto 1383/2002 y es por tanto homologado como tal por la Comunidad Autónoma en la que se instale.

Allí se procede a la descontaminación del VFU, y a la recuperación de algunos elementos y componentes para su posterior reutilización. La parte sobrante tras su paso por el CAT se aprovecha en la fragmentadora, cuya labor consiste principalmente en despedazar el coche.

A continuación, en la Figura 2.3 presentaremos el camino que sigue un vehículo, incluyendo el tratamiento que debe seguir un vehículo fuera de uso para su correcta gestión y tratamiento:

Figura 2.3 Proceso de tratamiento de un VFU.



Para obtener una visión mas detallada, se describirán a continuación los componentes específicos de los VFUs, comenzando con una cronología de los materiales más utilizados y su evolución con el tiempo en función de los objetivos a cumplir.

En los años 60, el coche medio europeo presentaba un elevado porcentaje de materiales metálicos, en torno al 82%, un 2% de plásticos y el resto vidrios, gomas y otros elementos.

Entre los años 70 y 80, ascendió el porcentaje de los materiales plásticos hasta un 5%, para aligerar el peso de los vehículos y consiguiendo un menos consumo y mayor potencia.

En los años 90, el contenido en metales bajó hasta un 75% y aumento el porcentaje de plástico hasta un 13%.

En los últimos años se ha conseguido disminuir el consumo de combustible gracias a la incorporación de los plásticos, pero a costa de un grado mayor de contaminación, pues no se ha cuidado el uso de materiales biodegradables.

Las tendencias futuras apuntan hacia una mayor participación del aluminio, y un cambio en la composición de los plásticos, favoreciendo los termoplásticos, puesto que son más fáciles de reciclar.

Según datos de la ANFAC (asociación nacional de fabricantes) la composición media de los VFU sería la que consta en la siguiente Figura 2.4:

Figura 2.4 Composición de VFU



Esta información es muy interesante para determinar en función de la cantidad de residuo generado el proceso que será mas rentable aplicar a cada residuo para así optimizar la reutilización, reciclaje y valorización.

Esto nos da una idea de de las pérdidas que pueden llegar a tener tanto los fabricantes de vehículos como los de componentes si no son capaces de cambiar sus diseños, teniendo en cuenta la sustitución de materiales por otros más adecuados al medioambiente, de reutilizar un mayor número de componentes, de establecer estrategias de recogida de residuos, de manera que abaraten los costes así como de cambiar los circuitos actuales de reciclado de materiales en función del volumen de residuos [9].

## 2.1.2.2. RESIDUOS

A continuación se expone un análisis simplificado de los distintos materiales de desecho para obtener una visión general de la gestión que se realiza de ellos:

### a. METALES FÉRRICOS Y NO FÉRRICOS:

La chatarra de hierro de alta calidad es muy apreciada por la siderurgia de horno de arco eléctrico. En los años 60, el hierro constituía alrededor del 76% del vehículo, lo que hacía que las tasas de reciclaje fueran muy altas.

Con el paso de los años y la creciente carrera de la tecnología en el sector automovilístico ha hecho que aumente la presencia de los materiales no férricos en los coches. El material que



más ha aumentado en proporción es el aluminio. En la actualidad la tasa de recuperación del aluminio contenido en los vehículos es del 95% y dos tercios del aluminio utilizado para la fabricación de los automóviles proviene de la fusión secundaria del aluminio. Esto hace que "casi" se cierre por completo el ciclo del aluminio.

Otros metales como el hierro son vendidos a las acerías, el cadmio se usa en los baños de piezas metálicas, y el plomo según la nueva normativa se debe ir eliminando en el diseño de los nuevos automóviles.

### *b. PLÁSTICOS*

Los más utilizados en los VFUs son el PP polipropileno, usado en parachoques, recubrimientos, etc., el PVC (policloruro de vinilo), usado en cables, molduras, etc., el PE (polietileno) usado en depósitos de combustible, el Acrilonitrilo butadieno estireno usado en el ABS o en el salpicadero y el PUR poliuretano para el relleno de los asientos, juntas, etc.

El problema de los plásticos es que cuanto más complicada sea la mezcla de sus constituyentes, más difícil será reciclarlo, por lo que en el futuro se deben usar más termoplásticos para alcanzar los porcentajes de reciclaje aprobados por la nueva normativa. De hecho algunos fabricantes de coches europeos ya están investigando para optimizar su reciclaje.

### *c. NEUMÁTICOS*

Los neumáticos de los VFU representan sólo un 10% del total de los neumáticos usados (las últimas cinco ruedas). Una de las consecuencias de su separación durante la etapa de descontaminación supondrá una disminución en el contenido de goma del residuo de fragmentación del automóvil (RFA) y una ligera disminución del peso del vehículo. Los neumáticos fuera de uso (NFU) son uno residuos que hay que tratar de forma separada por su composición y las posibles aplicaciones que pueden tener.

### *d. VIDRIO*

Es un material inerte y fácilmente reciclable siempre que no sea especial como es el caso de algunos elementos de los VFUs como los parabrisas delantero y trasero. Los cuales siguen procesos de reciclaje complejos debido a que contienen otros materiales metálicos embutidos en una capa intermedia, que sirven para el deshielo.

Supone alrededor de un 3% del peso del vehículo. También se encuentran en forma de lana de vidrio junto con otros materiales en soportes del techo, debido a sus propiedades insonorizantes y aislantes.

### *e. RECAMBIOS*

Aseguran la viabilidad de la normativa, debido a los precios que se pueden obtener en función del componente y de su estado. La oportunidad de obtener recambios de un VFU depende de la edad. A pesar de esto la media de recuperación de recambios es del 10% en Europa frente a un 40% en EE.UU., por lo que es uno de los objetivos de la presente normativa aumentar este porcentaje.

### *f. BATERIA*

La batería representa un 1,4% del peso del vehículo y su extracción selectiva del mismo supone la eliminación de elementos contaminantes como el ácido y el plomo de los residuos de fragmentación y la recuperación de este último metal, así como del plástico.

### *g. FLUIDOS OPERACIONALES*

La recuperación de los fluidos operacionales representa un elemento clave en la descontaminación del vehículo que redundará en una chatarra mas limpia para las acerías y unos RFA menos problemáticos a la hora de tratar. El problema que plantean, es que los CATs tendrán que tener unas instalaciones adecuadas para almacenar residuos peligrosos (recipientes adecuados, distancia entre residuos, acondicionamiento del lugar de almacenamiento, etc.) y aparecerá en el tratamiento y gestión de estos residuos la figura del Gestor Autorizado.

Dichos fluidos son combustible, refrigerante motor, aceite motor, aceite de transmisión, limpia parabrisas, aceite de servodirección, electrolito de la batería, líquido de frenos, fluido del aire acondicionado, líquido de los amortiguadores y grasa.

### *h. RESIDUOS DE FRAGMENTACIÓN*

Se estima que el Residuo de Fragmentación del Automóvil representa entre un 22 y un 25% del peso del VFU que llega a la fragmentadora. Es el más difícil de tratar desde el punto de vista medioambiental, pues suelen ser mezcla de diversos componentes. Por ello es el que la normativa pretende reducir puesto que este 2% termina en el vertedero. Causando la contaminación de los suelos de los emplazamientos de almacenamiento y desguaces [10].

## **2.1.2.3. REUTILIZACIÓN**

Desde que se ha considerado al vehículo como residuo peligroso en el catalogo europeo CER, se pretende que el vehículo sea descontaminado cuanto antes, para después ser reutilizado, reciclado o valorizado por partes, y en cumplimiento de los porcentajes impuestos.

En las citadas normas se definen dichos términos como:



## Análisis del impacto medioambiental de un vehículo automóvil

- Reutilización: Toda operación por la que los componentes de los VFUs se utilizan para el mismo fin para el que fueron diseñados.
- Reciclaje: Toda transformación de los residuos generados por los VFUs, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial u otros, a excepción de la incineración con recuperación de energía.
- Valorización: Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar medios que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

En la siguiente Tabla 2.8 se expone una relación del peso del vehículo y sus porcentajes de recuperación:

Tabla 2.8 Porcentaje de recuperación. Informe Layman.

OPERACIÓN DE RECUPERACIÓN	800 Kg	1000 Kg	1.200 Kg	1.400 Kg
Reciclaje	76.70	77.40	76.50	76.30
Reutilización	6.70	6.00	5.40	5.40
Valorización	3.10	3.50	3.20	3.60
TOTAL	86.50	86.90	85.10	85.30

A continuación se muestra una Tabla 2.9 detallada de la reciclabilidad de los productos de VFU:

Tabla 2.9 Reciclabilidad de componentes.

	Metales	Líquidos	Aceites	Cauchos	Plásticos	Vidrio	Varios
% aprov. energético	0	0	0	0	8	0	3
% reciclaje	75	1	1	4	4	3	0

Como conclusión de estos datos se puede ver que los objetivos para 2006 son fácilmente alcanzables mientras que para 2015 deben tomarse medidas. Por eso la nueva propuesta de Directiva que modifica a la 70/156/CEE, pretende asociar la homologación de vehículos nuevos, con el trazado de estrategias que permitan alcanzar los objetivos.

En esta fase de reciclado se mencionarán a grandes rasgos los procesos de reciclado de los componentes que más cantidad de residuos generan o los que son considerados residuos peligrosos, no se mencionarán los metales pues tras la fragmentación son recogidos por las industrias siderúrgicas que los funden en los hornos de arco eléctrico y son transformados en nuevas piezas.



Los *líquidos* tienen una elevada capacidad de contaminación, por ejemplo un litro de aceite usado puede llegar a contaminar 1 millón de litros de agua, y además son los primeros en escaparse cuando el vehículo es abandonado. Por esta razón, la primera operación de descontaminación es la extracción de residuos líquidos. Un vehículo medio arroja 27 Kg de líquidos.

Por ejemplo el reciclaje del aceite funciona del siguiente modo, en un decantador se separan las mayores partículas, en las fases de calentamiento y filtración se retiran los compuestos ligeros, después de una neutralización se procede a una nueva centrifugación y varias destilaciones, obteniendo así un aceite listo para su reutilización.

Para los fluidos refrigerantes existen unos aparatos que además de realizar las funciones específicas para la carga del equipo de climatización del vehículo permiten recuperar el refrigerante, cuando se vacía un equipo, reciclarlo y dejarlo disponible para usos posteriores. Son las denominadas estaciones automáticas de recuperación, reciclado y carga del refrigerante. Una vez recuperado el refrigerante, se recicla, reduciendo la presencia de los elementos contaminantes que contiene hasta los valores especificados por las normativas SAE J 1991 para el R12 y SAE J 2099 para el R134a. De acuerdo con la legislación vigente, en la mayoría de los países está prohibido eliminar el refrigerante al ambiente, siendo obligatoria o al menos muy recomendable su recuperación.

Para los *plásticos* la primera labor será separarlos e identificarlos según el código ISO pues recibirán distintos tratamientos en función del tipo que sean. El reciclaje más utilizado es el mecánico que consiste en triturar, lavar y secar el material, consiguiendo la separación por las diferentes densidades. El reciclaje químico consiste en la despolimerización del material mediante agentes químicos, con el cual se obtiene productos de alta pureza. Y la vía alternativa para los plásticos que no pueden ser reciclados es la incineración, mediante la cual se obtiene energía térmica.

Los *neumáticos* son un residuo complejo debido a la variedad de sus componentes. Debido al gran aprovechamiento de este posee su propio Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso.

Actualmente la gestión se limita básicamente al vertido, pues aproximadamente un 82% se destina al vertedero, un 4.6% se valoriza energéticamente y poco más del 1% se recicla. El resto se destina al recauchutado o a la explotación. Y algunos productos se usan en la construcción fabricados con caucho reciclado como suelos y losetas, pantallas, pavimentos, etc.

Los *catalizadores* están formados por metales muy valiosos como platino, paladio y rodio. El proceso para la recuperación se lleva a cabo en hornos de plasma. Por este sistema se recuperan en Europa alrededor de 20 toneladas al año.





Las *baterías* debido a su volumen y su composición son un residuo susceptible de ser reciclado, por lo que se ha tenido en cuenta desde hace años, introduciendo en su diseño reformas para facilitar la separación de los componentes que la integran.

En España se estima que la cifra de baterías que se convierten en residuo anualmente es de 100.000 toneladas.

El proceso de reciclaje consiste en vaciar el electrolito, neutralizando el ácido sulfúrico con una base, tras lo cual se deposita en el vertedero. Después se lava y tritura el conjunto, y la pasta fangosa resultante es deshidratada e introducida en un horno de fusión, tras lo cual es afinado y preparado para su venta.

El *vidrio* supone un 3.5 % de los materiales que conforman el VFU, lo que en cifras anuales supone 40 toneladas. A pesar de que el volumen generado y por tratarse de un material 100% reciclable, justifica el ser reciclado, no suele reciclarse en su totalidad, debido a los bajos precios que alcanza en el mercado.

En la planta recicladora primero lo criban para clasificarlo, eliminando impurezas, y después se tritura hasta conseguir el tamaño de grano deseado. Se introduce en hornos de cocción para su procesamiento final.

El problema del reciclado es que todos los elementos deben ser separados convenientemente, pero no es fácil hacerlo tras la fragmentación por lo que los procesos a seguir son los siguientes:

- Separar todos los elementos posibles antes de la entrada del VFU a la fragmentadora, especialmente los más económicos.
- Puede resultar rentable invertir en I+D en encontrar nuevos cauces para el material que se desecha, es decir nuevos mercados en los que se reutilicen en tantas transformaciones.
- Y valorizar el resto del residuo tras la fragmentación aunque realmente es un campo que está todavía por estudiar.

## 2.2. EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

El problema de la contaminación atmosférica consiste en la presencia en el aire de materiales o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Siempre ha existido contaminación de origen natural (erupciones volcánicas, incendios, tormentas, etc.) pero es a partir del descubrimiento del fuego cuando aparece la contaminación antropogénica, la cual ha cobrado importancia a partir de la revolución industrial y el uso masivo de combustibles fósiles como fuente de energía. La principal fuente de contaminación son los procesos que implican combustión, al producirse la

oxidación de los distintos elementos que componen los combustibles, las materias primas y el aire. El carbono presente en los combustibles y el nitrógeno del aire, al oxidarse en los procesos de combustión, generan dióxido de carbono (gas no tóxico pero con importantes efectos indirectos sobre la salud y el medio ambiente) y óxidos de nitrógeno respectivamente. Otros elementos constituyentes de los combustibles y materias primas determinan la emisión de partículas, óxidos de azufre, compuestos orgánicos volátiles (COV), dioxinas, furanos, etc. Por su parte, procesos de combustión incompletos generan la emisión de monóxido de carbono, partículas y bifenilos policlorados, entre otros.

Las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos pueden ser puntuales, generalmente fijas y de gran caudal de emisión, como es el caso de las grandes factorías aisladas, o pueden ser zonales, es decir, una mezcla de fuentes fijas y móviles de diferente entidad y agrupadas en el espacio, donde viene a coincidir también con la población que sufre los efectos de la contaminación. Sin embargo, el conocimiento de los contaminantes y de las fuentes de emisión no abarca el complejo proceso de la contaminación atmosférica. Las características estructurales y dinámicas de la atmósfera y las características morfológicas del terreno determinan la dispersión de los contaminantes en el espacio y su evolución temporal. La dispersión configura la diferente concentración de contaminantes en la atmósfera (inmisión) en la zona de influencia de la fuente emisora.

La evolución de los contaminantes conlleva la aparición de otros nuevos no emitidos por la fuente directamente : son los contaminantes secundarios, como el ozono formado a partir de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar, o el ácido sulfúrico formado a partir de la oxidación del dióxido de azufre. Aunque la determinación de la exposición individual depende de múltiples factores (ritmos de actividad, relación entre exposición en ambientes exteriores e interiores, laborales y no laborales, etc.), se puede afirmar que el conocimiento de los valores de inmisión en el aire nos acerca a la dosis a la que está expuesta la población posibilitando el estudio de sus efectos en la salud. Este hecho ha justificado históricamente el control y la vigilancia de los niveles de inmisión de contaminación atmosférica. El nitrógeno, normalmente, entra en el motor y sale del mismo en la misma cantidad y en la medida que el motor no este bajo carga importante no forma óxidos de nitrógeno [11].

### **2.2.1. EFECTOS GLOBALES**

Los principales problemas a escala global son:

#### ***2.2.1.1. EFECTO INVERNADERO.***

Fenómeno producido por la acumulación de gases en la atmósfera que evitan que la radiación infrarroja se pierda en el espacio. De modo que estos gases actúan de trampa para el calor, impiden que éste se escape y aumenta la temperatura de la atmósfera.

El CO<sub>2</sub> es el principal responsable del efecto invernadero. Este gas se produce en la combustión de combustibles fósiles. Si bien el CO<sub>2</sub> siempre ha permanecido formando parte de la composición del aire, el problema radica en su concentración. En el milenio anterior a la revolución industrial había 280 ppm (partes por millón) de CO<sub>2</sub>, hoy el límite se ha elevado a más de 350 ppm y se estima que se está produciendo un crecimiento a un ritmo de 2ppm al año. En esta progresión se espera que para el año 2050 se haya duplicado el nivel de 280 ppm y se hayan producido subidas de entre 2° a 5° C de la temperatura.

La cantidad de otros gases invernaderos, principalmente metano, óxidos de nitrógeno, ozono y CFCs (utilizados como refrigerantes) ha aumentado considerablemente en los últimos años y aunque su concentración es menor que la de CO<sub>2</sub>, su capacidad para retener el calor es mucho mayor.

El resultado final de la interacción de los gases y su diferente crecimiento de concentración en la atmósfera pueden dar como desenlace que el nivel crítico de CO<sub>2</sub> equivalente podría duplicarse para el año 2030.

Para facilitar la comparación de los gases entre sí, el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada gas se establece con relación al CO<sub>2</sub> que se adopta como referencia. Se muestra en la Tabla 2.10 el IPCC.95, el PCG para el metano (CH<sub>4</sub>) es 21, esto quiere decir que para un horizonte temporal de 100 años, 1 Kg de CH<sub>4</sub> tiene una capacidad de calentamiento equivalente a la de 21 Kg de CO<sub>2</sub>.

Tabla 2.10 Potenciales de calentamiento mundial: Gases incluidos en el Protocolo de Kioto (1997).

Especies	Fórmula	Tiempo de Vida	PCG		
			20 años	100 años	500 años
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	De 50 a 200	1	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	12.5	56	21	6.5
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	120	280	310	170
Refrigerantes	CHF <sub>3</sub>	264	9100	11700	9800
	CF <sub>4</sub>	50000	4400	6500	10000
	SF <sub>6</sub>	3200	16300	23900	34900

El PCG tiene en cuenta el tiempo de vida en la atmósfera de cada gas y la capacidad de absorción de cada molécula. Todavía presenta limitaciones para incluir efectos indirectos debidos a los cambios químicos que cada gas puede inducir en la atmósfera, pero permite expresar las emisiones de todos los gases en términos de CO<sub>2</sub> equivalente y ayudar a tomar decisiones políticas de reducción o limitación de emisiones, por lo que es una herramienta básica.

### **2.2.1.2. *DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO.***

La reducción del espesor de la capa de ozono es un hecho demostrado. En los años 70 se sospechaba de los efectos nocivos de los CFCs sobre la capa de ozono, situada en la estratosfera, que protege la Tierra de los rayos ultravioleta.

El gas ozono está formado por moléculas constituidas por tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ). En el ambiente natural la molécula de ozono es muy inestable tendiendo a separarse en una molécula de oxígeno molecular ( $O_2$ ) y en un átomo de oxígeno ( $O$ ).

En la troposfera la concentración de ozono es extremadamente baja. En los ambientes urbanos se forma por reacciones fotoquímicas en las cuales participan elementos gaseosos contaminantes (principalmente óxidos de nitrógeno), transformándose a su vez en un elemento contaminante muy indeseable por sus efectos nocivos sobre la salud. A este nivel, el ozono es altamente reactivo y tiende a oxidar otros compuestos, por lo que tiene efectos corrosivos. En cambio a nivel estratosférico aumenta considerablemente su concentración manteniéndose estable debido a la radiación solar que asegura tasas similares de producción y destrucción del ozono.

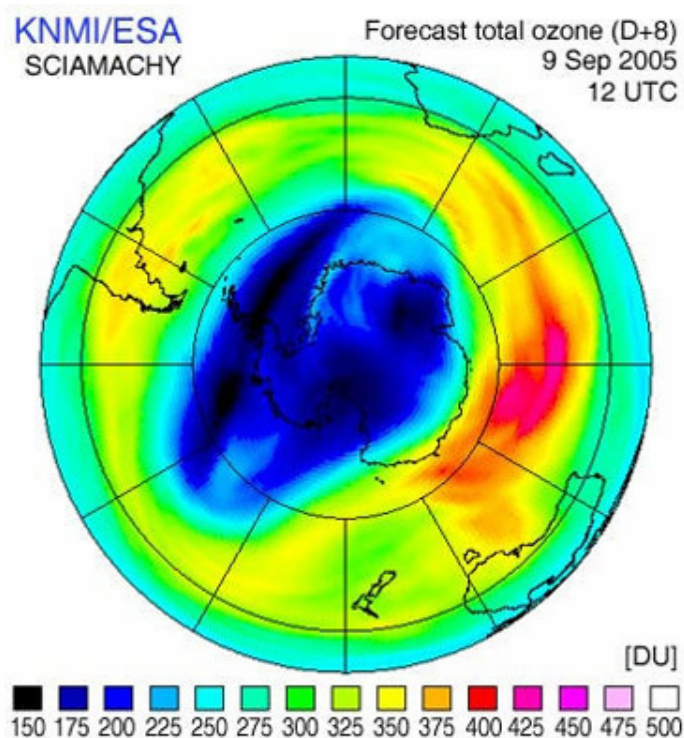
El ozono existe de una forma natural, sin embargo, este ozono en ningún momento alcanza una concentración peligrosa. Es por las emisiones producidas de forma artificial cuando el ozono se puede convertir en un problema de contaminación atmosférica. Y la disminución del ozono estratosférico hace aumentar peligrosamente la radiación solar.

El problema es especialmente grave pues se combinan dos elementos fundamentales y de difícil solución. Por un lado, la constatación de que la destrucción de la capa de ozono tendrá efectos letales sobre la vida en la Tierra, y por otra parte, aunque hoy se dejasen de emitir gases que destruyan el ozono, los ya emitidos seguirán ejerciendo su efecto destructor durante décadas, teniendo en cuenta el prolongado tiempo de residencia de estos gases. Por lo que el problema de la destrucción de la capa de ozono nos sitúa ante un fenómeno de carácter irreversible, que se hará tristemente célebre en el próximo siglo.

Las condiciones climáticas pueden hacer que varíe la exposición de las poblaciones urbanas a las concentraciones de contaminantes por encima de los umbrales máximos y de los objetivos, que a su vez cambia de unas zonas a otras de Europa.

En la Figura 2.5, se observa el estado de la capa de ozono en 2005. La Unidad Dobson es la unidad de medida de la concentración de ozono. Un Dobson es el número de moléculas de ozono que se requiere para crear una capa de ozono puro de 0.01 mm de ancho a temperatura de  $0^\circ$  Celsius y presión de 1 atmósfera. Sobre la superficie de la Tierra, la anchura de la capa de ozono es aproximadamente de 300 unidades Dobson que equivale a 3 mm de ancho [12].

Figura 2.5 Agujero de la capa de ozono en septiembre de 2005.



### **2.2.1.3. LLUVIA ÁCIDA.**

El azufre contenido en los combustibles produce altas concentraciones de  $\text{SO}_2$  en los gases de combustión, que son liberados a la atmósfera, generalmente sin un tratamiento previo de desulfuración. Por su parte la producción de  $\text{NO}_x$ , tiene lugar en la combustión, a consecuencia de las elevadas temperaturas.

Tanto los  $\text{SO}_2$  como los  $\text{NO}_x$  se hidrolizan fácilmente al entrar en contacto con la atmósfera y reaccionar con iones  $\text{OH}^-$ , contenidos en el vapor de agua, produciéndose ácido sulfúrico y nítrico respectivamente, que se precipitan sobre la atmósfera en forma de lluvia ácida.

La combustión del petróleo y el carbón son las responsables de más del 90% de los óxidos de azufre y de nitrógeno emitidos a la atmósfera y rápidamente son transformados en ácidos. Estos ácidos destruyen bosques, tierras cultivables y aguas a ritmos cada vez mayores. En un plazo de 100 años hubo un aumento del factor de acidificación de las lluvias de más de 10 unidades. Según datos del Ministerio de Agricultura de Alemania, en 1982 los bosques damnificados constituían un 8% del total existente, en 1987 se habla de un 50%.

### **2.2.1.4. DESAPARICIÓN DE SELVAS TROPICALES.**

Que la opulencia del mundo occidental se ha construido a base de la destrucción de los recursos en el tercer mundo es un hecho conocido desde hace tiempo. En la actualidad la explotación de los recursos forestales en el trópico se realiza de forma especulativa como



argumento para saldar la deuda contraída por los países en vías de desarrollo. La tiranía de las colonias de siglos pasados ha sido sustituida por una tiranía de guante blanco en forma de hipoteca y deuda exterior.

La desaparición de las masas forestales del trópico tendría efectos devastadores sobre la regulación del clima mundial.

La destrucción de la capa de ozono, el calentamiento global por emisión de CO<sub>2</sub> y la desaparición de las selvas tropicales constituyen los tres ejes de la destrucción del equilibrio en la atmósfera y de la alteración del clima con resultado devastadores para la vida en la Tierra.

### ***2.2.1.5. CONTAMINACIÓN DE LA BIOSFERA.***

Según Vladimir Vernadski, el hombre utilizaba, antes del siglo XVIII, 26 elementos químicos. Hoy en día los avances de la química industrial nos disparan hacia la utilización intensiva y extensiva de productos químicos, unos 70.000, son arrojados al medio ambiente sin que conozcamos sus efectos medioambientales y cada año se sintetizan 1000 nuevos productos químicos.

El aire, las aguas dulces y el medio marino sufren los efectos de este progresivo envenenamiento. Además los datos de este envenenamiento generalizado son alarmantes y algunos de ellos, por espectaculares, han servido para llamar la atención sobre el problema.

En cualquier caso el cóctel químico que hemos fabricado seguirá actuando y produciendo alteraciones ambientales como el resultado de las acciones sinérgicas ocasionadas por las infinitas combinaciones de sus elementos, sin que muchas de ellas sean detectadas y puestas en evidencia por los científicos.

### ***2.2.1.6. PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD.***

La contaminación de la biosfera, la degradación de los hábitats por la extracción de recursos naturales, la expansión de nuestra especie y la modificación física del medio natural son las principales razones que provocan la pérdida de la biodiversidad.

La desaparición de especies faunísticas y florísticas es una cuestión de capital importancia. Algo que los ecólogos conocen muy bien son las relaciones existentes entre especies. Si como resultado de la intervención humana desaparece una especie clave se puede producir un retroceso ecológico que puede llevar a la extinción a varias especies asociadas. En función del daño producido por la pérdida de varias especies asociadas se puede provocar una pérdida en cadena que puede llevar al desmantelamiento de cadenas tróficas completas.

Algunas estimaciones indican que en la actualidad estamos extinguiendo unas 50 especies por día lo cual indica una tasa de extinción de 10 millones de especies para el año 2020.



Además no debemos olvidar que estos efectos se complementan entre sí, provocando un daño aún mayor en la naturaleza. Las lluvias ácidas, con la desaparición de los bosques, aumentan el efecto invernadero; la reducción del ozono en la estratosfera, provoca la destrucción del fitoplancton de los océanos, unos de los mayores consumidores de CO<sub>2</sub>, ocurriendo por tanto, una aceleración de la formación de ozono en la troposfera, por la presencia de los rayos UV, los cuales fungen como catalizadores.

### **2.2.2. EFECTOS LOCALES**

Las alteraciones del medio ambiente local se analizan en relación a tres espacios diferentes:

#### ***2.2.2.1. EL MEDIO URBANO.***

El crecimiento de las ciudades ha sido especialmente intenso a partir de la revolución industrial. Con la aparición de las ciudades industriales, y con el crecimiento de las ciudades dotadas funcionalmente de atributos para dirigir el desarrollo de concentración, el medio urbano entra en crisis.

Con las migraciones del campo a la ciudad, se inicia un proceso de profundas transformaciones espaciales y territoriales que tienen en el medio urbano una referencia especialmente clara. Alteraciones que hacen entrar a la ciudad en contradicción con sus beneficios. Las zonas urbanas sufren una serie de problemas ambientales comunes, que se dan con mayor o menor frecuencia, en función de su actividad económica, su tamaño y su situación geográfica o climática. En resumen podríamos decir que los principales problemas ambientales y ecológicos de la ciudad son:

- Limitación en el espacio vital disponible por habitante.
- Grandes densidades de habitantes por Km<sup>2</sup>.
- Desaparición de elementos naturales y escasez de zonas verdes.
- Interferencia entre funciones residenciales, económicas y de transporte no compatibles.
- Pérdida de la calidad del hábitat.

En definitiva podríamos decir que las ciudades han perdido su vínculo con la naturalidad y cuando se dan fenómenos de crecimiento desordenado, se inicia un proceso de pérdida de calidad ambiental que disminuye su atractivo y su capacidad para generar bienestar social.

### **2.2.2.2. EL MEDIO RURAL.**

Se producen dos tipos de efectos inmediatos en el medio rural. Por una parte, el abandono de las prácticas tradicionales rurales por la emigración hacia los centros de actividad económicos, y por otra, la utilización del medio rural de forma supeditada a los intereses urbanos e industriales.

Esa dependencia de lo rural ante lo urbano modificó la estructura agraria, por una parte, y por otra, alteró negativamente el medio ambiente.

Las repoblaciones forestales de crecimiento rápido, la especialización agraria hacia monocultivos, la introducción de productos químicos, la construcción de embalses, autopistas y redes de transporte de energía, utilizan el medio rural, o natural, como soporte condicionándolo a las exigencias y necesidades de los mercados urbanos. Se inicia así un proceso de evaluación de la cultura rural a la vez que se desarrolla la cultura urbana dominante.

### **2.2.2.3. EL MEDIO NATURAL.**

En los espacios naturales la cultura rural ha contribuido a su conservación y mantenimiento mediante la interacción de las actividades económicas tradicionales y la capacidad del medio para producir biomasa. Generalmente este ha contribuido a aumentar la biodiversidad.

El medio natural ha iniciado un proceso de alteración y desequilibrio. Las principales alteraciones que sufren los espacios naturales a nivel local son las siguientes:

- Extracción de recursos.
- Modificación del medio para incrementar la producción.
- Construcción de reservorios.
- Construcción de infraestructura de transporte.
- Invasión cultural.

## **2.2.3. IMPACTOS SOCIALES**

Aparte de los principales impactos ambientales del transporte, existen otros que tienen un reflejo social de gran trascendencia y que afectan de manera directa a la salud de los seres humanos. Entre ellos se encuentran los accidentes producidos por el tráfico, la ocupación del suelo y la segregación espacial y social.

Según estimaciones de la Dirección General de Tráfico, desde mediados de siglo el automóvil se ha cobrado más de 200.000 vidas humanas y ha generado más de tres millones de





heridos en España. Por consiguiente, la gravedad social de este fenómeno no admite dudas de que supone un punto importante en el discurso de la actividad del transporte. La cual constituye una legitimación social que supera a cualquier otra actividad.

A continuación en la Tabla 2.11 se detallan algunos de los efectos que tienen las partículas presentes en la atmósfera derivados de la contaminación sobre personas y animales.

Tabla 2.11 Efectos provocados por la contaminación atmosférica.

CONTAMINANTES	EFFECTOS EN ANIMALES Y PERSONAS	EFFECTOS EN LA VEGETACIÓN
Partículas	Irritación en membranas respiratorias	Obstrucción de estomas, necrosis y caída de hojas
Compuestos de azufre: SO, SO <sub>2</sub> , SH <sub>2</sub>	SO: Irritación en mucosas y ojos SH: Olores desagradables y tóxicos	Pérdida de color en las hojas y necrosis en la vegetación
Compuestos orgánicos: hidrocarburos	Irritación de mucosas	
Óxidos de N: NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>	Enfermedades de las vías respiratorias. Tóxico para algunas especies animales	Anula el crecimiento en algunos vegetales
CO y CO <sub>2</sub>	EL CO es tóxico, interfiere en el transporte de oxígeno a las células	
Compuestos halogenados: Cl, ClH, FH, CFC	Irritación en las mucosas	
Ozono (O <sub>3</sub> )	Irritaciones en nariz y garganta, fatiga y falta de coordinación en los animales	Manchas blancas en la vegetación
Metales pesados	Pb, Zn, Fe, Mn	Acumulativos

Según estudios epidemiológicos realizados por la Organización Mundial de la Salud y otros organismos nacionales e internacionales dedicados a la investigación en salud pública, las emisiones del tráfico tienen efectos a corto, medio y largo plazo sobre el bienestar de los

ciudadanos. Dichos estudios señalan además que se ha evidenciado la imposibilidad de fijar concentraciones umbrales por debajo de las cuales no se produce agresión en la salud.

Los efectos más relevantes a corto plazo son la irritación de los ojos, nariz y garganta, infecciones respiratorias, ataques de asma, ataques del corazón y cerebral, así como alteraciones en el bombeo del corazón. Los efectos importantes en la salud a largo plazo, en cambio, incluyen un desarrollo pulmonar más lento en niños, enfermedades respiratorias crónicas, cáncer de pulmón, enfermedades del corazón e, incluso, el daño potencial al cerebro y otros órganos. Algunos individuos son mucho más sensibles a ciertos contaminantes que otros. Así, los niños pequeños y las personas mayores sufren más de los efectos de la contaminación atmosférica. Las personas con problemas de salud como el asma, enfermedades del corazón y pulmón pueden también padecer más efectos cuando el aire esté contaminado. En la Tabla 2.12 se muestran las afecciones más importantes sobre pulmón y corazón a causa de la contaminación.

Tabla 2.12 Efectos de la contaminación sobre la salud.

PULMÓN	CORAZÓN
Cambios fisiológicos y estructurales	
Volumen y flujo de la expiración forzada	Pulso
Inflamación local y sistémica	Tensión arterial
Factores de coagulación de la sangre	
Estructura de los vasos sanguíneos	
Efectos agudos	
Síntomas respiratorios	Trombosis
Agravación bronquitis crónica	Infarto del miocardio
Aparición de asma	Arritmia
Muerte	Ataque cerebral
Uso de la red sanitaria	Muerte
	Uso de la red sanitaria
Efectos crónicos	
Reducción de la función pulmonar	Arterioesclerosis (en estudio)
Bronquitis crónica	Resolución de la esperanza de vida
Cáncer de pulmón	



Otro de los aspectos negativos del transporte es la segregación social que con su desarrollo, de modo que la ocupación del suelo para el estacionamiento de los vehículos, la red viaria y los equipamientos necesarios exige que las actividades humanas se expandan por el territorio. Lo que implica el retroceso de espacio público asignado a la población en beneficio del automóvil, pues donde antaño los niños podían jugar o las personas adultas se sentaban al sol, ahora existe una carretera o un aparcamiento que entraña riesgo para los ciudadanos, por lo que se han visto obligados a abandonar esos lugares. Así como el hecho de que en la ciudad se han creado espacios monofuncionales, en los que predomina una actividad urbana, y la dispersión de estas actividades incrementa las distancias entre los diferentes usos y reduce la posibilidad de acceso a pie o en bicicleta; por tanto, esta disposición está forzando el uso de otros modos de transporte. Lo que finalmente reduce la convivencia y la comunicación entre los seres humanos.

No solo la contaminación ambiental tiene repercusiones sobre la salud sino que también el ruido ocasionado por los automóviles puede ocasionar alteraciones:

- Fisiológicos: deterioro de la audición o fatiga.
- Directos sobre la salud: alteraciones temporales del ritmo cardíaco y respiratorio, de la tensión muscular, de la visión, de la presión arterial y descargas hormonales en la sangre.
- Psicológicos y subjetivos: interferencias en las conversaciones y captación de los mensajes en los medios de comunicación sonoros (molestias, irritabilidad, nerviosismo).
- Otras alteraciones: dificultad en la comunicación oral (esfuerzos suplementarios, elevación de la voz).
- Alteración del sueño: dificultad para conciliar el sueño.
- Alteraciones en el rendimiento laboral: efecto sobre la tarea que implica memorización o concentración, que ocasionan disminución de eficacia.

Según la EPA (Agencia Europea de Productividad) habrá una pérdida de la capacidad auditiva si durante 40 años se está sometido a los decibelios que muestra la siguiente Tabla 2.13:

Tabla 2.13 Alteraciones de la capacidad auditiva.

Nivel	Duración
75 db (A)	Durante 8 horas diarias
78 db (A)	Durante 4 horas diarias
81 db (A)	Durante 2 horas diarias
84 db (A)	Durante 1 hora diaria

Estos son los valores límite que recomienda la OMS (Organización Mundial de la Salud),

Tabla 2.14:

Tabla 2.14 Valores recomendados.

TIPO DE AMBIENTE	PERIODO	Leq dB (A)
Laboral	Día	75
Doméstico, auditorio, aula	Día	45
Dormitorio	Noche	35
Exterior diurno	Día	55
Exterior nocturno	noche	45

Frente a las opiniones de los que consideraban que la ciencia y la técnica salvarían las dificultades y superarían la crisis ambiental del planeta, aparecen voces más comprometidas que exigen cambios más profundos en nuestro comportamiento. La revolución industrial, y el pensamiento acuñado alrededor de sus fundamentos, no sirven. Es preciso generar un nuevo sistema basado en lo que algunos definen como Desarrollo Sostenible, cuya evolución generaría una sociedad que tiene en la ecología y en lo ecológico uno de los pilares fundamentales.

Si el vapor, la industria y el capital fueron bases de la industrialización, en el nuevo período de la sociedad post-industrial los instrumentos, la energía y los valores sociales tendrán que ser diferentes.

En cualquier caso la superación de la crisis ambiental no parece sencilla, es más, algunas opiniones escasamente optimistas vaticinan la incapacidad de nuestra especie para adaptarse a las reglas generales que regulan la biosfera y en consecuencia los riesgos para la especie humana que puede verse condenada a la autoextinción.



La defensa del medio ambiente ha adquirido en los últimos años un protagonismo especial. La gravedad de las amenazas ha provocado una toma de conciencia para situar la cuestión en un orden prioritario de las actuaciones de los gobiernos. Se podría decir que los desafíos planteados responden a dos esquemas diferentes. Por una parte, la necesidad de corregir los desperfectos originados por nuestro comportamiento, y por otra definir modelos de desarrollo sostenible que cumplan con el objetivo de conservar la biodiversidad y mantener la calidad de los ecosistemas. Es decir, aplicar soluciones correctivas, detrayendo recursos y tecnologías del sistema productivo para aplicarlas en la corrección de la degradación ambiental, y por otra parte, aplicar soluciones preventivas, diseñando procesos de desarrollo que incorporen criterios ecológicos.

Así, algunas organizaciones como Greenpeace exigen que se apliquen una serie de medidas y aportan soluciones de raíz como la del modelo de “residuo cero”, que ya está implantada en otros países. Cuyo objetivo es aprovechar todos los residuos como materia prima para desacelerar de forma significativa el agotamiento de los recursos naturales. Además en este sentido el residuo cero incorpora en principio de responsabilidad del productor, pues supone obligar a los fabricantes a responder por sus productos durante todo su ciclo de vida, incluyendo los residuos. Generando una tendencia hacia la eliminación de los productos no reciclables.

Y para acabar con la dependencia de los combustibles fósiles es imprescindible apostar por una nueva política energética, basada en la eficiencia energética y que promueva las energías renovables.

## 3. DIRECTIVAS EUROPEAS

---

La protección del medio ambiente es uno de los retos principales a que se enfrenta la Unión Europea (UE). En la actualidad, se reconoce plenamente que el modelo europeo de desarrollo no puede basarse en el agotamiento de los recursos naturales y el deterioro del medio ambiente; pero esta afirmación, hoy evidente, ha sido el fruto de un largo proceso.

La UE lleva varios años comprometida en esta lucha, tanto a escala europea como internacional, que figura entre las prioridades de su programa y queda reflejada en su política climática. Además, ha integrado el control de los gases de efecto invernadero en el conjunto de sus ámbitos de actuación para alcanzar los siguientes objetivos: consumir de forma más racional una energía menos contaminante, disponer de medios de transporte más limpios y equilibrados, responsabilizar a las empresas sin poner en peligro su competitividad, obrar por que la ordenación territorial y la agricultura estén al servicio del medio ambiente y crear un entorno favorable para la investigación y la innovación.

El presente estudio analiza los instrumentos fundamentales con los que la UE cuenta hoy día para tratar de lograr el objetivo del desarrollo sostenible y hacer frente al cambio climático; por un lado, la política común de medio ambiente actualizada con el Tratado de Lisboa y, por otro, la estrategia adoptada para luchar contra el cambio climático.

### 3.1. ANTECEDENTES

Las primeras acciones comunitarias comenzaron en 1972 (en el marco del 4º Programa de Acción) y se basaban en un enfoque vertical y sectorial de los problemas ecológicos. Durante este período, la UE adoptó cerca de 200 actos legislativos, consistentes fundamentalmente en limitar la contaminación mediante la introducción de normas mínimas, en particular en materia de gestión de los residuos, y contaminación del agua y del aire.

La introducción de este marco reglamentario, si bien tuvo efectos positivos, no ha logrado frenar en la medida deseada el deterioro del medio ambiente. Gracias a la toma de conciencia de la opinión pública acerca de los riesgos vinculados a los problemas globales del medio ambiente, la necesidad de adoptar un enfoque concertado a escala europea e internacional es ahora indiscutible.

La acción comunitaria se ha ido desarrollando con el paso de los años, hasta que el Tratado de la Unión Europea o Tratado de Maastricht (1992), le confirió el carácter de política. Este tratado modifica y completa al Tratado de París de 1951 que creó la CECA (Comunidad Europea de Carbón y del Acero), a los Tratados de Roma de 1957 que instituyeron la CEE



(Comunidad Económica Europea) y el EURATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica), y al Acta Única Europea de 1986, por primera vez se sobrepasaba el objetivo económico inicial de la Comunidad y se le daba una vocación de unidad política. El Tratado de Ámsterdam (1997) prosiguió esta evolución, mediante la integración del principio de desarrollo sostenible entre los objetivos de la Comunidad Europea y haciendo de la obtención de un elevado nivel de protección del medio ambiente una de sus prioridades absolutas.

En aras de la eficacia, el 5º Programa de Acción para el Medio Ambiente, titulado “Hacia un desarrollo sostenible”, sentó los principios de una estrategia europea voluntarista para el período 1992-2000 y marcó el principio de una acción comunitaria horizontal, teniendo en cuenta todos los factores de contaminación (industria, energía, turismo, transportes, etc.).

El Consejo Europeo en su Cumbre de Cardiff en 1998, solicitó a la comisión que concentrarán sus esfuerzos en el desarrollo de estrategias integradas de transporte y medio ambiente. Al mismo tiempo, y tras el trabajo inicial de la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) sobre los indicadores de transporte y medio ambiente, el Consejo invitó a la Comisión y a la AEMA a establecer un mecanismo de información sobre transporte y medio ambiente (MITMA), mas conocido por sus siglas en inglés TERM (Transport and Environmental Reporting Mechanism), que permitiera a los responsables políticos valorar los progresos de sus políticas de integración.

La Comisión confirmó este enfoque transversal de la política de medio ambiente tras dicha Comunicación, así como por el Consejo Europeo de Viena de diciembre de 1998. La integración de la problemática ambiental en las demás políticas se ha convertido en una obligación para las instituciones comunitarias.

Desde entonces, esa integración ha sido objeto de varios actos comunitarios, especialmente en los sectores del empleo, la energía, la pesca, la política económica y los transportes.

En mayo de 2001 se elabora el Sexto programa de acción y se aprueba una Comunicación sobre la Estrategia europea a favor del desarrollo sostenible. Dicha comunicación establece objetivos de desarrollo sostenible a largo plazo y se centra en el cambio climático, los transportes, la salud y los recursos naturales. Además, la necesidad de una intervención comunitaria en materia de responsabilidad por los daños ocasionados al medio ambiente, así como en materia de reparación queda reconocida con la adopción del Libro Blanco sobre responsabilidad ambiental en febrero de 2000[13] y [14].

Durante el periodo 1989 y 2007, tuvieron lugar una serie de reuniones de las partes integrantes del Protocolo de Montreal y el Convenio de Viena, reuniones en las que se comprometían a trabajar junto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y otras organizaciones en la solución de los problemas críticos del agotamiento del ozono y el calentamiento del planeta. Ya que durante estos años la ciencia de la atmósfera había avanzado mucho [15].

En febrero de 2005, año de entrada en vigor del Protocolo Kioto, la Comisión elaboró una Comunicación en la que expresaba sus consideraciones sobre la base de un análisis de los efectos del cambio climático y de los costes y beneficios de una acción en este ámbito. En la misma anunciaba la puesta en marcha del Segundo Programa Europeo sobre el Cambio Climático (PECC II).

El objetivo del Protocolo de Kioto es conseguir reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. Este es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos.

La lucha contra el cambio climático se caracterizó en 2006 por el fortalecimiento de los lazos entre las políticas energética y climática, así como por la adopción de un paquete de energía y de medidas de lucha contra el cambio climático. Además, se adoptaron varias propuestas, particularmente en materia de transportes, y se lograron avances en el campo de la cooperación internacional. Los Estados miembros, por su parte, notificaron su plan nacional de asignación de derechos de emisión para el periodo 2008-2012, adoptado en el marco del régimen de comercio de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>. Y frente a la pérdida de diversidad biológica, la UE prosiguió sus esfuerzos con la adopción de un Plan de acción en favor de la biodiversidad, que fija las prioridades para los años 2010 y siguientes, así como de un Plan de acción en defensa de los bosques y de una Estrategia temática para la protección del suelo.

En 2007 se firmó en la capital portuguesa el Tratado de Lisboa, el cual modifica los Tratados actualmente vigentes, de modo que en enero de 2009, tras el oportuno periodo de ratificación, puedan entrar en vigor el nuevo TUE y el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) que sustituirá al TCE. El nuevo Tratado contiene la mayoría de las novedades que aportaba la fallida Constitución Europea, lo que se refleja nítidamente en el ámbito del medio ambiente.

En lo que al TUE se refiere, las reformas que establece el Tratado de Lisboa (TL) consisten en redactar y estructurar de un nuevo modo los preceptos referidos a los objetivos de la UE. Por su parte, el TFUE recoge expresamente que, junto a otros, el medio ambiente es un ámbito que constituye una competencia compartida entre la Unión y los Estados miembros. Al mismo tiempo, se mantiene la obligación de integrar las exigencias de la protección del medio ambiente en la definición y en la realización de las políticas y acciones de la UE.

El Tratado de Lisboa aporta dos novedades a destacar. Por un lado, el cuarto de los objetivos que esta política trata de alcanzar se amplía: el fomento de medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente, y en particular a luchar contra el cambio climático. Específicamente, la necesidad concreta de luchar contra el cambio climático con medidas internacionales es una adición realizada por el



Tratado de Lisboa que no se recogía en la Constitución Europea; y la otra novedad se refiere al proceso normativo [16].

En el futuro, los trabajos deberán centrarse en la aplicación de la red Natura 2000 al medio marino y a la prosecución de las negociaciones internacionales enmarcadas en el Convenio sobre la diversidad biológica y en el Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES ), así como a la lucha contra la deforestación y la caza.

A continuación en la Tabla 3.1 se muestra un cuadro resumen de los principales actos que han tenido lugar a lo largo de los años, las fechas en que se producen y sus principales aportaciones a la historia evolutiva de la normativa europea.

Tabla 3.1 Principales Actos Políticos.

AÑO	ACONTECIMIENTO	APORTACIÓN
1972	4º Programa de Acción	Concienciación
1992	Tratado de Maastricht	Confiere el carácter de política
1951	Tratado de París	Se crea la CECA
1957	Tratado de Roma	Se crea la CEE
1997	Tratado de Amsterdam	Principio de Desarrollo Sostenible
1998	Cumbre de Cardiff	Estrategia integrada de Transporte y Medio Ambiente
2001	6º Programa de Acción	Principio Quien Contamina Paga
2005	Protocolo Kioto	Entrada en vigor
2007	Tratado de Lisboa	Modifica los actuales(más restrictivo)

## 3.2. POLÍTICA DE MEDIO AMBIENTE

Aunque usualmente se habla de política europea de medio ambiente, lo cierto es que no es una política común derivada de una competencia exclusiva de la UE. Esta materia constituye una competencia compartida entre la UE y sus Estados miembros, lo que no obsta para reconocer que existe un elevado nivel de coordinación entre todos ellos, facilitado por la concreta normativa recogida en el Título XIX del TCE (Tratado de la Comunidad Europea), cuya inclusión sirvió para superar el escaso apoyo jurídico con que había contado la UE para sustentar su política medioambiental [17].

Su influencia en las demás políticas comunitarias es notoria pues el Tratado especifica que las exigencias de la protección del medio ambiente deben integrarse en la definición y en la realización de las políticas y acciones de la UE al objeto de fomentar un desarrollo sostenible.

Ello requiere un equilibrio proporcionado entre prosperidad económica, justicia social y un medio ambiente saludable. De manera simultánea, las políticas que favorecen el medio ambiente pueden resultar positivas para la innovación y la competitividad y éstas, a su vez, estimulan el crecimiento económico, que es esencial para el cumplimiento de los objetivos sociales. De modo que el desarrollo sostenible implica la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente [18].

### 3.2.1. OBJETIVOS

Los objetivos concretos de la política de la UE en el ámbito del medio ambiente son: la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente; la protección de la salud de las personas; la utilización prudente y racional de los recursos naturales; y el fomento de medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente. En general, se pretende un nivel de protección medioambiental elevado, teniendo presente la diversidad de situaciones existentes en las distintas regiones del territorio de la UE. Esta política trata de garantizar el derecho de todos los ciudadanos a disfrutar del mismo nivel de protección medioambiental y el derecho de las empresas a operar en las mismas condiciones de competencia, pero de modo flexible pues deben respetarse las distintas circunstancias de cada país tanto como sea posible y algunas decisiones deben tomarse, incluso, a nivel local.

Los principios en los que se basa la política de medio ambiente son el de cautela, el de acción preventiva, el de corrección de los atentados al medio ambiente en la fuente misma y el de quien contamina paga. El primero de ellos significa que en caso de que haya indicios claros de que existe un problema medioambiental incipiente, se toman medidas cautelares incluso cuando no se posee confirmación científica completa. El principio de acción preventiva responde a la concepción de que la mejor política de protección del medio ambiente consiste en intentar evitar cualquier forma de contaminación o de deterioro del mismo, en lugar de reparar los efectos de una acción perjudicial después de que ésta haya tenido lugar y cuando los daños son inevitables.

El principio de corrección de los atentados al medio ambiente en la fuente misma de su producción supone aplicar de manera inmediata la solución correspondiente, al objeto de neutralizar al máximo los efectos de los ataques y evitar una posible progresión incontrolable de los mismos. Finalmente, el principio de quien contamina paga establece una orientación fundamental en el desarrollo de la regulación del medio ambiente, consistente en determinar las actuaciones degradantes del medio ambiente susceptibles de constituir hechos que den lugar a responsabilidad, así como articular una reglamentación que identifique las infracciones que dan lugar a los perjuicios que haya que reparar y que individualice a las personas a quienes la infracción sea imputable.

Además de respetar los principios expuestos, la UE tendrá en cuenta en la elaboración de la política medioambiental: los datos científicos y técnicos disponibles; las condiciones del

medio ambiente en las diversas regiones de la Unión; las ventajas y las cargas que puedan resultar de la acción o de la falta de acción; el desarrollo económico y social de la Unión en su conjunto y el desarrollo equilibrado de sus regiones.

### **3.2.2. ELABORACIÓN DE LA NORMATIVA**

Las acciones que deba emprender la UE para realizar los objetivos de la política de medio ambiente son adoptadas por medio del procedimiento de codecisión, previa consulta del Consejo al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones.

Sin embargo, determinados ámbitos son objeto de decisión exclusiva del Consejo, institución que adoptará las oportunas medidas por unanimidad, a propuesta de la Comisión y previa consulta al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. Dichos ámbitos excepcionales son, en primer lugar, las disposiciones esencialmente de carácter fiscal; en segundo lugar, las medidas que afecten a la ordenación territorial, a la gestión cuantitativa de los recursos hídricos o que afecten directa o indirectamente a la disponibilidad de dichos recursos, o a la utilización del suelo, con excepción de la gestión de los residuos; y, en tercer lugar, las medidas que afecten de forma significativa a la elección por un Estado miembro entre diferentes fuentes de energía y a la estructura general de su abastecimiento energético. Dado que la percepción de los problemas ambientales es distinta según los Estados miembros, el Tratado salvaguarda ciertas áreas de intervención consideradas estratégicas mediante un procedimiento de decisión que requiere la unanimidad.

En otros ámbitos se pueden adoptar programas de acción de carácter general que fijen los objetivos prioritarios que hayan de alcanzarse por medio del procedimiento de codecisión.

El instrumento jurídico más utilizado es la directiva, la cual obliga en cuanto a los resultados a alcanzar pero da libertad a los Estados miembros en la forma concreta de hacerlo, lo que resulta especialmente adecuado a esta política. No obstante, han sido numerosas las dificultades para su elaboración y aprobación, debido principalmente a las dilaciones o bloqueos provocados por la defensa de intereses nacionales. También han surgido en la fase de aplicación, reflejadas en irregularidades cometidas por los Estados miembros en la transposición de las directivas al ordenamiento interno, sobre todo por su incorporación tardía o incompleta.

Puesto que el medio ambiente constituye una competencia compartida, los Estados miembros pueden adoptar medidas de mayor protección siempre que sean compatibles con la normativa comunitaria. A pesar de ello, en el ámbito medioambiental, no siempre es apropiada una acción individual y a menudo resulta necesaria una acción de la UE [19], [20].

El carácter de política coordinada queda también patente cuando se establece que, al adoptarse medidas de armonización para la protección del medio ambiente, podrá incluirse una cláusula de salvaguardia que autorice a los Estados a adoptar, por motivos

medioambientales no económicos, medidas provisionales sometidas a control comunitario. Lo que proporciona a los Estados un margen de actuación discrecional.

Como regla general, los Estados miembros tendrán a su cargo la financiación y la ejecución de la política en materia de medio ambiente, salvo que se adopten determinadas medidas de carácter comunitario. Exceptuando la aplicación del principio de que quien contamina paga y los supuestos en que una medida medioambiental de la Unión implique costes que se consideren desproporcionados para las autoridades públicas de un Estado miembro. En cuyo caso, el Consejo establecerá en la medida en cuestión las disposiciones adecuadas en forma de excepciones de carácter temporal o por medio del apoyo financiero del Fondo de Cohesión.

La UE aporta fondos para financiar las mejoras del medio ambiente por medio de diferentes programas, así como a través de los Fondos Estructurales y el Fondo de Cohesión. Éstos constituyen la mayor parte del presupuesto comunitario destinado a medidas de protección ambiental. Las nuevas perspectivas financieras, que cubren el periodo 2007-2013, establecen seis objetivos de entre los que destacan por su cuantía los dos primeros, el crecimiento sostenible y la conservación y gestión de los recursos naturales, cada uno de los cuales supone el 43 % del presupuesto.

Finalmente, es necesario mencionar el nuevo instrumento financiero LIFE+, establecido por medio del Reglamento (CE) 614/2007 del Parlamento y del Consejo. Financia medidas que contribuyen al desarrollo, la aplicación y actualización de la política y la legislación comunitaria de medio ambiente.

### **3.2.3. SEXTO PROGRAMA DE ACCIÓN**

A comienzos de 2001 la Comisión dio a conocer su propuesta para el Sexto Programa de Acción sobre Medio Ambiente, en el que recogía la evaluación global del Quinto Programa de Acción. Si bien se constataba el logro de avances, la Comisión consideró que el medio ambiente europeo seguiría deteriorándose a menos de que se adoptasen una serie de medidas globales, las cuales constituirían la estrategia de la UE a favor del desarrollo sostenible a lo largo de la primera mitad del siglo XXI.

Siguiendo las pautas marcadas por la Comisión, el Parlamento y el Consejo aprobaron el 22 de julio de 2002 el Sexto Programa de Acción (Decisión 1600/2002/CE). En ella se recogen los objetivos, plazos y prioridades, los principales ejes del enfoque estratégico y los cuatro ámbitos de acción tal y como se describen en la Comunicación de la Comisión: cambio climático, naturaleza y biodiversidad, salud y calidad de vida, y recursos naturales y residuos.

El Sexto Programa de Acción reconoce que el cambio climático constituye el principal reto para los próximos diez años. La meta que se determina a corto plazo es alcanzar los objetivos del Protocolo de Kyoto, es decir, reducir en un 8 % las emisiones de gases de

efecto invernadero para el período 2008-2012 con respecto a los niveles de 1990. A más largo plazo, para 2020, sería necesario reducir dichas emisiones entre el 20 y el 40 % mediante un acuerdo internacional eficaz.

En lo que se refiere a los otros tres ámbitos, en el de la naturaleza y biodiversidad el objetivo consiste en proteger y restaurar la estructura y el funcionamiento de los sistemas naturales, poniendo fin al empobrecimiento de la biodiversidad en la UE y en el mundo. El objetivo señalado por la UE en el ámbito del medio ambiente, la salud y la calidad de vida consiste en alcanzar una calidad del medio ambiente que contribuya a garantizar la salud pública, de modo que los niveles de contaminación no tengan efectos perjudiciales sobre la salud humana, para lo que se fomenta también un desarrollo humano sostenible. Finalmente, en lo que se refiere a la gestión de los recursos naturales y de los residuos, el objetivo en esta materia es velar por que el consumo de los recursos renovables y no renovables no supere el umbral de lo soportable por el medio ambiente, especificándose en lo que respecta a los residuos una reducción del 20 % para el año 2010 y del 50 % para 2050.

Con el fin de hacer frente a los retos que se plantean en la actualidad en materia de medio ambiente, el Sexto Programa establece la necesidad de superar el enfoque estrictamente legislativo y sustituirlo por otro estratégico. Este enfoque debe utilizar instrumentos y medidas diferentes para influir en las decisiones adoptadas por las empresas, los consumidores, los políticos y los ciudadanos. El Programa, manteniendo lo recogido en la Comunicación de la Comisión, propone cinco ejes prioritarios de acción estratégica: mejorar la aplicación de la legislación en vigor, integrar el medio ambiente en otras políticas, colaborar con el mercado, implicar a los ciudadanos y modificar sus comportamientos y tener en cuenta el medio ambiente en las decisiones relativas al ordenamiento y gestión del territorio. Para cada uno de estos ejes se proponen diversas acciones específicas.

La Decisión que aprobó el Sexto Programa estableció que La Comisión debía presentar informes de evaluación al Parlamento Europeo y al Consejo durante el cuarto año de aplicación del Programa y al final del mismo. Así, en abril de 2007 la Comisión emitió su primer informe sobre la revisión del Sexto Programa de Medio Ambiente. En el mismo evaluó positivamente los progresos conseguidos hasta ese momento en los cuatro ámbitos prioritarios, pero señalando al mismo tiempo que todavía sería necesario llevar a cabo considerables esfuerzos para conseguir un desarrollo ambientalmente sostenible.

### **3.3. ESTRATEGIA EUROPEA**

A comienzos del año 2000, la Comisión propuso poner en marcha una estructura destinada a identificar y preparar la ejecución de las medidas de lucha contra el cambio climático. Se trataba del Programa Europeo sobre el Cambio Climático (PECC) cuyo objetivo consiste en permitir a todas las partes interesadas participar en los trabajos preparatorios de las políticas

y medidas destinadas a reducir las emisiones de gas de efecto invernadero. El Primer PECC se puso en marcha en junio de 2000.

La estructura del programa está coordinada por un Comité directivo, formado por representantes de todos los servicios de la Comisión que participan en el PECC, que se encarga de la gestión y coordinación global del Programa. El Comité creó grupos de trabajo sobre problemas específicos vinculados al cambio climático que reúnen a las partes interesadas competentes en algunos sectores. Los primeros grupos de trabajo creados se centran en el transporte, la industria, el suministro de energía, el consumo de energía y los mecanismos de flexibilidad. Otros grupos se refieren a los desechos, la agricultura o la investigación.

Sobre la base de los informes presentados cada año por el PECC, la Comisión elabora propuestas concretas que contienen instrumentos como reglamentos técnicos, medidas fiscales o acuerdos voluntarios.

Las autoridades de la UE han constatado que el impacto combinado de la aplicación del conjunto de medidas adoptadas en el seno del PECC, las acciones que a nivel interno han ido adoptando los Estados miembros y la reestructuración de la industria europea han supuesto un positivo impacto combinado en la lucha contra el cambio climático, por cuanto que las emisiones de gases de efecto invernadero se han reducido.

La Comisión expresaba la necesidad de que la estrategia se desarrolle en dos ámbitos, el de lucha contra el cambio climático y el de la consecución de una energía más limpia. Para conseguir sus objetivos deben llevarse a cabo una serie de acciones; empezando por garantizar la aplicación inmediata y efectiva de las políticas acordadas con el fin de alcanzar el objetivo de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 8 % con respecto al nivel de 1990, fijado en el Protocolo de Kyoto. La segunda acción supone fomentar la sensibilización de los ciudadanos para permitir una modificación de su comportamiento. En tercer lugar, intensificar y orientar mejor la investigación para mejorar los conocimientos sobre el cambio climático y sobre sus repercusiones, así como para desarrollar estrategias de mitigación del cambio climático que presenten una buena relación coste-eficacia (en particular, en los ámbitos de la energía, los transportes, la agricultura y la industria). La cuarta acción consiste en fortalecer la cooperación con terceros países, de manera específica con los países en desarrollo, mediante la elaboración de políticas de desarrollo respetuosas con el clima.

### **3.3.1. CAMBIO CLIMÁTICO**

Dos años después de establecer las bases de la estrategia de lucha contra el cambio climático, la Comisión propuso en enero de 2007 acciones más concretas para limitar los efectos del cambio climático y reducir la posibilidad de graves perturbaciones irreversibles. El documento se hace eco de las investigaciones efectuadas recientemente, como el informe

Stern y el cuarto informe del PECC, que indican unos costes de gran magnitud desde el punto de vista económico y social en caso de insuficiente acción para luchar contra el cambio climático [21].

La Comisión consideró que una acción conveniente en el ámbito del cambio climático sería fuente de considerables beneficios, incluso en términos de daños evitados. Por ejemplo la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuirá a mejorar la calidad del aire, generando grandes ganancias en el ámbito de la salud. Además, la mayoría de los estudios ponen de manifiesto que la política de lucha contra el cambio climático tendrá repercusiones positivas en el ámbito de las energías renovables o la tecnología punta.

Teniendo en cuenta la importancia y la necesidad de adaptación al cambio climático, en junio de 2007 la Comisión presentó un nuevo Libro Verde que recogía su propuesta para la UE en esta cuestión. Ante todo, la Comisión subraya la relevancia y la urgencia de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero como única vía de prevenir los graves efectos del cambio climático. En este sentido, una transición rápida a una economía mundial de bajas emisiones de carbono es el pilar central de la política integrada de energía y cambio climático para realizar el objetivo de la UE de mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C en comparación con los niveles preindustriales. Si el aumento fuese mayor, el riesgo de un cambio climático peligroso e impredecible podría aumentar considerablemente, y los costes de adaptación sufrirían una escalada constante.

El Libro Verde asume la conclusión del Informe Stern en el sentido de que la adaptación podría reducir costes, a condición de que se adoptaran medidas para superar los obstáculos a la acción privada. Las fuerzas de mercado, por sí solas, tienen pocas probabilidades de conducir a una adaptación eficaz por el grado de incertidumbre de las proyecciones climáticas y la falta de recursos financieros. Una adaptación realizada de forma rentable es, por tanto, la solución más adecuada. Si se actúa con rapidez será posible obtener beneficios económicos evidentes al anticiparse a los daños potenciales y minimizar las amenazas a los ecosistemas, la salud humana, el desarrollo económico, las propiedades y las infraestructuras. Así podrían también obtenerse ventajas competitivas para las empresas europeas que ocupan el liderazgo en cuestión de estrategias y tecnologías de adaptación.

Sin una respuesta política temprana, puede ocurrir que la UE y sus Estados miembros se vean obligados a reaccionar con medidas reactivas de adaptación no planificadas y con frecuencia bruscas ante crisis y catástrofes cada vez más frecuentes, que resultarán mucho más costosas y que también representarán una amenaza para los sistemas social y económico y su seguridad. Es necesario realizar la adaptación a los impactos con medidas a adoptar en los sectores privado y público. La adaptación generará también nuevas oportunidades económicas, como la creación de puestos de trabajo y de nuevos mercados para productos y servicios innovadores.

El Libro Verde expone las opciones prioritarias de actuación urgente. Así, en primer lugar, en los casos en que los conocimientos actuales sean suficientes, conviene elaborar estrategias de adaptación para determinar la forma óptima de asignar recursos y la forma más eficaz de utilizarlos, lo que servirá para orientar la actuación por medio de sus políticas sectoriales y otras medidas, así como de los fondos comunitarios disponibles. En segundo lugar, la UE tiene que reconocer la dimensión externa de los impactos y la adaptación y crear una nueva alianza con sus socios en todo el mundo, en particular los países en desarrollo y reforzar la cooperación con organismos internacionales. En tercer lugar, debe reducirse la incertidumbre ampliando la base de conocimientos mediante la investigación integrada sobre el clima, intensificando la integración de los resultados de la investigación en la política y en la práctica. Por último, hay que implicar a la sociedad, las empresas y el sector público europeos en la preparación de estrategias de adaptación coordinadas y globales [22].

### **3.3.2. ENERGÍA LIMPIA**

La política energética europea que fue una de las bases del proyecto europeo, con los Tratados CECA (Comunidad Europea de Carbón y Acero) y EURATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica), se compromete a favor de una economía con un consumo reducido de energía -una energía más segura, competitiva y sostenible-. Los objetivos prioritarios al respecto consisten en garantizar el funcionamiento adecuado del mercado interior de la energía, la seguridad del suministro estratégico, una reducción concreta de las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la producción o el consumo de energía, así como la afirmación de una voz única de la UE en el ámbito internacional.

Se ha elaborado a escala comunitaria un mercado interior de la energía para poder ofrecer verdaderas opciones a los consumidores, con precios equitativos y competitivos. Sin embargo, algunos obstáculos siguen impidiendo a la economía y a los consumidores europeos sacar pleno provecho de las ventajas que generó la apertura de los mercados del gas y la electricidad. Por consiguiente, sigue siendo un imperativo garantizar la existencia real del mercado interior de la energía.

Es preciso adoptar una reglamentación eficaz a escala comunitaria para armonizar los poderes y la independencia de los reguladores de la energía, de reforzar su cooperación, de obligarles a considerar el objetivo comunitario de realización del mercado interior de la energía y de definir a escala comunitaria los aspectos reglamentarios y técnicos, así como las normas comunes de seguridad necesarias para el comercio transfronterizo.

Para concretar la red energética europea, el plan de interconexión prioritario insiste en la importancia de un apoyo político y financiero para la ejecución de las infraestructuras que se consideran esenciales, así como en el nombramiento de coordinadores europeos para seguir los proyectos prioritarios más problemáticos.



La energía origina un 80 % de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero supone usar menos energía y utilizar más energía limpia. Así, una reducción en la utilización de fuentes de energía fósiles (en particular, petróleo y gas) permitirá disminuir los costes vinculados a la importación de estos recursos y reforzará significativamente la seguridad del abastecimiento energético [23].

Para alcanzar el objetivo de reducir el consumo de energía en un 20 %, fijado en el plan de acción para la eficiencia energética (2007-2012), deberán desplegarse esfuerzos concretos, especialmente en materia de ahorro de energía en el sector del transporte, el establecimiento de requisitos mínimos de eficiencia para los equipos que consumen energía, la concienciación de los consumidores de energía para un comportamiento racional y eficiente, y la mejora de la eficiencia en la producción, el transporte y la distribución de calor y de electricidad, así como el desarrollo de tecnologías energéticas y para la eficiencia energética de los edificios.

La utilización de energías renovables (energía eólica, solar y fotovoltaica, biomasa y biocarburantes, calor geotérmico y bombas de calor) contribuye indiscutiblemente a limitar el cambio climático y favorece también la seguridad del suministro energético, así como el crecimiento y la creación de empleo en Europa. Sin embargo, siguen siendo marginales en la combinación energética europea, ya que su coste continúa siendo superior al de las fuentes de energía tradicionales.

Para una mayor aceptación de las energías renovables, la UE ha adoptado, en su programa de trabajo al respecto, el objetivo vinculante de aumentar su porcentaje de energías renovables a un 20 % de su combinación energética de aquí al año 2020.

Para alcanzar ese objetivo serán precisos avances en los tres sectores a los que más afectan las fuentes de energía renovables: la electricidad, los biocarburantes, que deberán representar, de aquí al año 2020, un 10 % de los combustibles destinados a los vehículos; y, por último, los sistemas de calefacción y de refrigeración [24].

Las tecnologías energéticas desempeñarán un papel fundamental para conciliar la competitividad y la sostenibilidad de la energía, reforzando a su vez la seguridad del suministro. También son esenciales para cumplir los demás objetivos en materia de energía.

Así pues, la UE debe desarrollar las tecnologías de alta eficiencia energética existentes así como nuevas tecnologías, especialmente las destinadas a la eficiencia energética y a las energías renovables.

Las inversiones en estas nuevas tecnologías contribuirán de forma directa a la estrategia comunitaria para el crecimiento y el empleo.

La Comisión propone un esbozo de plan estratégico europeo para las tecnologías energéticas que abarcará todo el proceso de innovación, desde la investigación fundamental hasta la

comercialización. Dicho plan estratégico respaldará el Séptimo Programa Marco de Investigación, que prevé un aumento del 50 % de los gastos anuales en investigación en el ámbito de la energía, así como el programa Energía inteligente.

Frente a las preocupaciones crecientes en materia de seguridad del suministro energético y de emisiones de CO<sub>2</sub>, la energía nuclear presenta la ventaja de ser una de las fuentes de energía de baja emisión de carbono cuyos costes y suministro son más estables.

La UE no puede alcanzar por sí sola el objetivo de una energía segura, competitiva y sostenible. Para ello debe garantizar la participación y la cooperación de los países desarrollados y en desarrollo, los consumidores y los productores de energía, así como los países de tránsito. En aras de una mayor eficacia y coherencia, resulta esencial que los Estados miembros y la UE se expresen con una sola voz sobre las cuestiones energéticas internacionales.

La UE debe asumir el liderazgo en la elaboración de los acuerdos internacionales sobre energía, especialmente mediante el refuerzo del Tratado sobre la Carta de la Energía, tomando la iniciativa de un acuerdo sobre la eficiencia energética y participando de forma activa en el régimen posterior a Kioto respecto del cambio climático.

Así pues, la UE procurará desarrollar asociaciones energéticas transparentes, previsibles y recíprocas con otros países.

Por otra parte, la UE se compromete a ayudar a los países en desarrollo a crear servicios energéticos descentralizados, poco costosos, fiables y sostenibles. La UE anima a estos países, y en particular a África, a invertir de inmediato en las energías renovables y en la nueva generación de tecnologías energéticas limpias.

### **3.3.3. MEDIDAS DE LUCHA HASTA 2020**

Tras haber evaluado los costes y beneficios vinculados a la lucha contra el cambio climático, la Comisión recomienda una serie de medidas destinadas a limitar el calentamiento mundial. Algunas de estas medidas se aplican a la UE y otras tienen un alcance internacional.

Las investigaciones ponen de manifiesto que la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero a 450 ppmv (parte por millones de volumen equivalente CO<sub>2</sub>) ofrecería una posibilidad entre dos de alcanzar el objetivo de 2° C (frente a una entre seis en caso de que la concentración alcanzase 550 ppmv, y una entre dieciséis en caso de una concentración de 650 ppmv).

Las investigaciones efectuadas, en particular, el estudio PESETA -estudio en curso bajo los auspicios del Centro Común de Investigación- o el informe Stern, indican unos costes de gran magnitud desde el punto de vista económico y social en caso de insuficiente acción para

luchar contra el cambio climático. El informe Stern estima este coste entre el 5 y 20 % del PIB mundial.

El aumento de la mortalidad y la morbilidad (enfermedades) vinculadas a las variaciones de temperatura, los daños causados por las crecidas más frecuentes y la subida del nivel del mar, la expansión de la desertización en los países del sur y la disminución de reservas de agua dulce demuestran la variedad de consecuencias nefastas vinculadas al cambio climático que afectan a las poblaciones, los ecosistemas y los recursos, así como a las infraestructuras y la calidad de vida.

Según el análisis de impacto efectuado por la Comisión, las inversiones necesarias para mantener la concentración de gases de efecto invernadero en 450 ppmv supondrían alrededor del 0,5 % del PIB mundial en el período 2013-2030. El crecimiento del PIB mundial sólo se reduciría en un 0,19 % anual hasta 2030, lo que no representa sino un pequeño porcentaje del índice de su crecimiento anual. Por otra parte, la Comisión destaca que se sobreestima el coste global requerido, ya que no se tienen en cuenta las repercusiones positivas vinculadas a la lucha contra el cambio climático.

Conforme al análisis estratégico de la política energética de la UE, la Comisión recomienda las siguientes medidas energéticas:

- Mejorar la eficiencia energética de la UE en un 20 % de aquí a 2020;
- Aumentar el porcentaje correspondiente a las energías renovables en un 20 % de aquí a 2020;
- Desarrollar una política de captura y almacenamiento geológico del carbono que preserve el medio ambiente.

La Comisión considera que es necesario proceder al refuerzo del régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (RCCDE) mediante, entre otras, las siguientes medidas:

- aumentar la duración de atribución de las cuotas a más de cinco años;
- ampliar el régimen a otros gases y sectores;
- armonizar los procedimientos de atribución de las cuotas entre los Estados miembros;
- relacionar el RCCDE con los sistemas obligatorios compatibles existentes en otros Estados no pertenecientes a la UE.

Con el fin de reducir las emisiones del sector de los transportes, la Comisión pide al Consejo y al Parlamento adoptar, cuando proceda, sus propuestas relativas a la inclusión de los



transportes aéreos en el RCCDE y a la modulación de los impuestos de los vehículos de turismo en función de sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por otro lado, la Comisión destaca la necesidad de reforzar la acción entre los consumidores y reducir las emisiones producidas por el transporte de mercancías por carretera y el transporte marítimo, así como por los biocarburantes .

Además, la Comisión se inclina por una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en otros sectores, por ejemplo, gracias a la mejora de la eficiencia energética de los edificios comerciales y residenciales. Recomendamos también una reducción de otros gases, en particular gracias a la aplicación y al aumento de medidas en el ámbito agrícola y forestal ; a la fijación de límites para las emisiones de metano por parte de las industrias y de los motores de gas o la inclusión de estas fuentes de emisión en el RCCDE; a medidas más estrictas para el caso de los gases de efecto invernadero fluorados ; y a acciones emprendidas en relación con los óxidos nitrosos generados por la combustión y por las grandes instalaciones.

Es también importante movilizar los recursos financieros destinados a la investigación sobre medio ambiente, energía y transportes según el Séptimo Programa Marco comunitario y aumentar dicho presupuesto después de 2013, con el fin de promover el desarrollo de las tecnologías limpias y de los conocimientos en el ámbito del cambio climático.

La batalla contra el cambio climático sólo puede ganarse a través de una acción a nivel mundial. Las negociaciones internacionales deben superar la fase de la retórica y llegar a compromisos concretos.

La Comisión considera así que los países desarrollados deben comprometerse a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 30 %, respecto de los niveles de 1990, de aquí a 2020, en el marco de un régimen internacional posterior a 2012. Pues estos países disponen de la capacidad tecnológica y financiera necesaria para reducir sus emisiones, deberían asumir la mayor parte del esfuerzo requerido durante la próxima década.

El crecimiento de la economía y de las emisiones en estos países hace, por tanto, indispensable que éstos comiencen a limitar el aumento de sus emisiones ya y que lo hagan en términos absolutos a partir de 2020, ya que de aquí a 2020 estos países serán responsables de más de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Muchos países en desarrollo están haciendo ya grandes esfuerzos para reducir el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, a través de políticas que abordan cuestiones económicas, de seguridad o de medio ambiente local. Además, tienen a su disposición muchas soluciones que presentan beneficios superiores a los costes, como pueden ser la mejora de la eficiencia energética, la promoción de las energías renovables, la aplicación de políticas de calidad del aire y la recuperación del metano procedente, por ejemplo, de los vertederos.

Los elementos siguientes deberían ayudar a reforzar la acción de estos países:

- la ampliación y la racionalización del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) previsto por el protocolo de Kioto;
- la mejora del acceso a la financiación, con el fin de permitir que los países en desarrollo dispongan de instalaciones de producción de electricidad lo más «limpias» posibles;
- la instauración de regímenes de comercio de derechos de emisión en sectores industriales;
- la adopción de compromisos cuantificados apropiados por parte de los países que hayan alcanzado un nivel de desarrollo comparable al de los países desarrollados;
- la ausencia de compromiso para los países menos desarrollados.

Por último, el acuerdo internacional que debe negociarse debería tener en cuenta elementos como el refuerzo de la cooperación en materia de investigación y desarrollo tecnológico, el cese de la deforestación y la rehabilitación de las zonas forestales, y la adaptación a los impactos inevitables del cambio climático, así como la conclusión de un acuerdo internacional sobre las normas de eficiencia energética.

### **3.3.4. LA VIGILANCIA MUNDIAL**

Las consecuencias del cambio climático ya nos afectan. El sistema de vigilancia GMES (Global Monitoring for Environment and Security) es una red de recogida y difusión de datos sobre el medio ambiente y la seguridad basada en la vigilancia espacial e in situ de la Tierra. Este sistema supondrá un respaldo a la evaluación y ejecución de las políticas europeas sobre medio ambiente, especialmente en los ámbitos siguientes: compromisos ambientales de Europa, agricultura, desarrollo regional, pesca, transporte, política exterior y de seguridad común (PESC), incluida la política europea de seguridad y defensa (PESD), así como otras políticas relacionadas con la seguridad de los ciudadanos, como la vigilancia de las fronteras.

Los servicios de información que presta GMES se establecerán de forma progresiva en función de las prioridades definidas en común por las instituciones europeas, del nivel de desarrollo de dichos servicios, de su utilización efectiva y de la continuidad a largo plazo de la oferta y la demanda.

Una primera serie de servicios prioritarios se refiere a la vigilancia terrestre y marina y a las medidas de emergencia. Esos servicios se basarán en los proyectos de investigación y desarrollo que amplíen y consoliden las medidas vigentes. Permitirán en última instancia adquirir y difundir datos sobre el reparto de las zonas urbanas y de las zonas protegidas por la red Natura 2000, los cambios de temperatura y de composición de los mares y océanos,

la evaluación de las zonas que presentan riesgos (por ejemplo para las construcciones humanas), las principales catástrofes, etc. Estos servicios deberán ser operativos en el año 2008.

Se prevén otros servicios tras esta primera serie, relacionados, con la contaminación atmosférica, la ayuda humanitaria, la prevención de los incendios forestales y de las inundaciones y los cambios globales. Esos servicios se definirán en función de las prioridades políticas y de criterios específicos, como las ventajas económicas y sociales, su interés europeo y la disponibilidad de los instrumentos de vigilancia necesarios.

El interés del sistema GMES radica en su facultad de enlazar datos procedentes de fuentes diversas y de presentarlos de forma pertinente. Así pues, se necesita un marco estructurado para la integración de datos y la gestión de la información: por tanto, una red única integrará paulatinamente el conjunto de las redes actuales desconectadas.

A este respecto, quedan varios retos pendientes, especialmente en lo que se refiere al incremento de la interoperabilidad de los sistemas de adquisición de datos, la armonización y promoción de la normalización de las estructuras e interfaces de datos, la eliminación de los obstáculos políticos al intercambio de datos, etc. [25].

### **3.4. TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE**

La estrategia europea en materia de transporte y medio ambiente define los objetivos para integrar los requisitos ambientales en la política de transportes y presenta las directrices para una serie de medidas en los distintos ámbitos del transporte. Esta estrategia elaborada por el Consejo define los objetivos de la actuación de la UE y de los Estados miembros para limitar todo lo posible el impacto del transporte en el medio ambiente. Así como garantizar que se tengan plenamente en cuenta los temas ambientales al elaborar y aplicar la política de transportes en todos los sectores.

A pesar de que se han conseguido resultados positivos de algunas medidas que ya se aplican a escala comunitaria, se insiste en la necesidad de seguir actuando en algunos ámbitos:

- prevenir o eliminar los efectos negativos del aumento del tráfico, con medidas de ordenación territorial y de tarificación de las infraestructuras;
- fomentar el transporte público, así como los modos de transporte menos perjudiciales para el medio ambiente;
- proseguir la investigación y el desarrollo tecnológico, para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y el ruido;

- concienciar al público, a los conductores y a la industria del automóvil sobre la forma de reducir las incidencias del transporte en el medio ambiente, por ejemplo con indicadores y con la normalización de los vehículos.

Ya en 1970, se adoptaron varias directivas sobre las emisiones de los vehículos de motor. Esto ha provocado una reducción progresiva de las emisiones de gases y de partículas, así como, en cierta medida, del ruido de esos vehículos. Las reducciones de las emisiones atmosféricas, fijadas por las normas «Euro» I a V, se refieren a los cuatro contaminantes principales: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas e hidrocarburos [26].

El Tratado de Ámsterdam identifica la integración de las políticas medioambientales y sectoriales como el camino a seguir para lograr un desarrollo sostenible. El Consejo Europeo reunido en Cardiff en 1998 solicitó a la Comisión y a los Ministros de Transporte que centrasen sus esfuerzos en desarrollar estrategias integradas en materia de transporte y medio ambiente. Al mismo tiempo, y tras el trabajo inicial realizado por la AEMA sobre indicadores de Transporte y medio ambiente, el Consejo de Transporte y Medio Ambiente invitó a la Comisión y a la AEMA a crear un mecanismo de información sobre el tema que permitiese a los responsables políticos evaluar los avances de sus políticas de integración. Por eso desde el año 2000 se publican dichos informes TERM (Mecanismo de Información de Transporte y Medio Ambiente) como un mecanismo oficial de información basado en indicadores, cuyo objetivo principal es realizar un seguimiento del progreso y de la eficacia de las estrategias de integración del transporte y del medio ambiente. Además estos informes ofrecen directrices importantes para el desarrollo de políticas eurocomunitarias [27].

Por otra parte, han mejorado de forma considerable las normas sobre calidad de los combustibles para el transporte, especialmente en lo que se refiere a su contenido de azufre. Además, la UE ha fijado un porcentaje indicativo de biocarburantes que han de sustituir, en cada Estado miembro, al diésel o a la gasolina que se utilizan para el transporte.

### **3.4.1. SITUACIÓN EN EUROPA DEL TRANSPORTE**

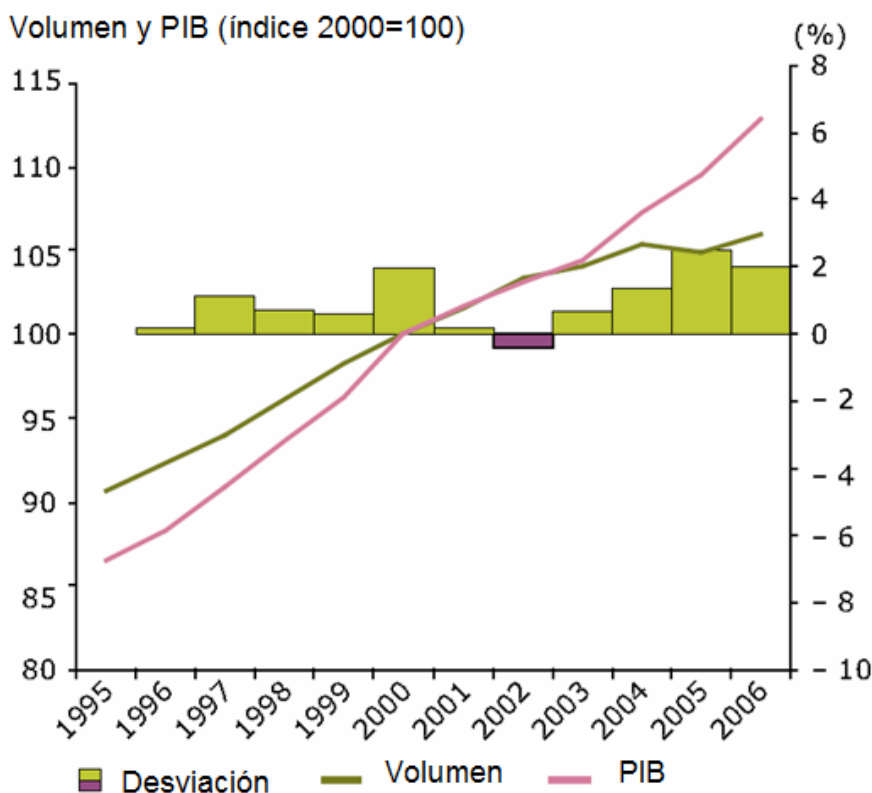
El estilo de vida actual depende en gran medida del acceso a un sistema de transporte fiable, y la mayoría de los europeos contemplan la movilidad como un requisito previo para disfrutar de un buen nivel de vida. Al mismo tiempo, sin embargo, resultan preocupantes los efectos del sistema de transporte sobre la calidad de vida: ruido, accidentes, pérdida de la biodiversidad, calidad de vida, etc.

Se estima que el transporte mediante automóvil y camión es actualmente la principal fuente de emisiones de productos contaminantes a la atmósfera. Entre el 70 y el 80 % de las ciudades europeas de más de un millón de habitantes presentan niveles de contaminación

atmosféricos que exceden en ocasiones los niveles aconsejados por la Organización Mundial de la Salud. Recientes estimaciones hablan de un 69% del monóxido de carbono, del 63% de los óxidos de nitrógeno y de un 30% de los compuestos orgánicos volátiles (COVs), si bien los porcentajes varían bastante dependiendo del país analizado.

El motivo principal por el cual han aumentado las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte ha sido el crecimiento en los volúmenes de transporte, que no ha podido ser compensado ni con el desarrollo en las características técnicas de los vehículos ni con la introducción de combustibles más limpios. Si bien el transporte por carretera domina el mercado del transporte terrestre, también se ha comprobado que el incremento en los volúmenes de transporte va ligado al crecimiento del PIB, tal y como se muestra en la Figura 3.1 el crecimiento global del volumen de transporte y del PIB en los últimos años.

Figura 3.1 Crecimiento del volumen de transporte y PIB desde 1995.



El transporte ha experimentado un crecimiento muy intenso en las últimas décadas. Así, desde 1970 la tasa de crecimiento anual en la Unión Europea ha sido del 3,1 % en el tráfico de pasajeros y del 2,3 % en mercancías, de modo que las previsiones entre el año 1990 y el 2010 señalan que el transporte por carretera de mercancías se duplicará y el de pasajeros se incrementará alrededor del 50 % [28].

Asimismo, las actividades de transporte son las responsables de una serie de agentes contaminantes secundarios, formados tras reacciones químicas complejas experimentadas por los agentes primarios en la atmósfera, que como ya vimos en el apartado 2.1 del

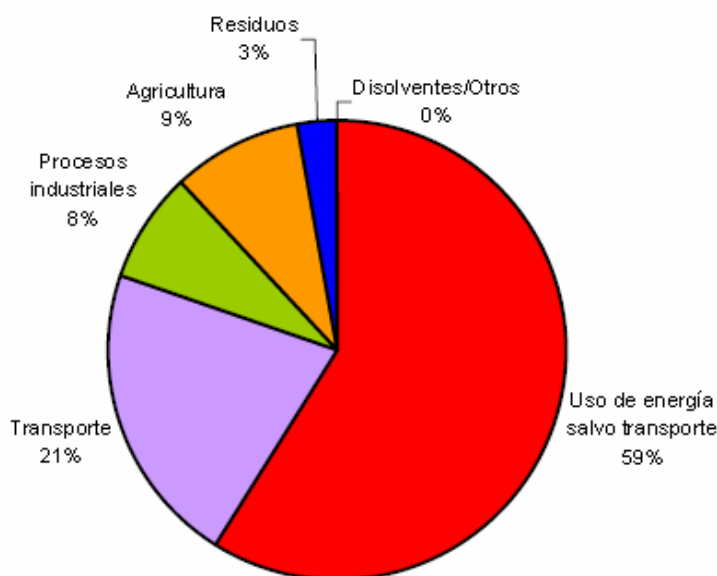


presente proyecto los más destacables son dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y ozono troposférico (O<sub>3</sub>). Otros agentes contaminantes importantes son las sustancias incluidas en los combustibles, como el plomo (Pb), el benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), o las partículas emitidas por los motores diesel.

El transporte motorizado se ha convertido en el segundo sector en consumo energético en las ciudades (entre el 20 y el 30%), después del sector doméstico y por delante del industrial. En España, el sector del transporte acapara más del 60% de todo el petróleo consumido, llevándose el tráfico rodado cerca de un 80% de dicha energía.

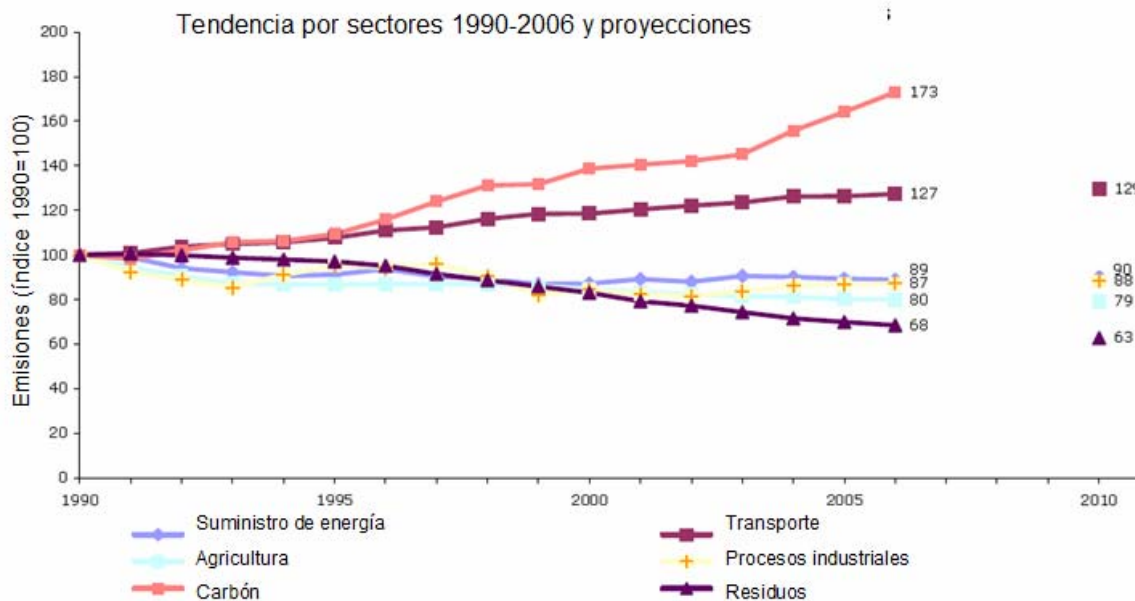
Entre 1990 y 2005, las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte por carretera fueron las que experimentaron el mayor aumento, en términos absolutos, de todas las emisiones relacionadas con la energía, como pone de manifiesto la Figura 3.2 el 21 % de las emisiones de GEI se deben al transporte en 2006.

Figura 3.2 Emisiones totales de GEI en 2006.



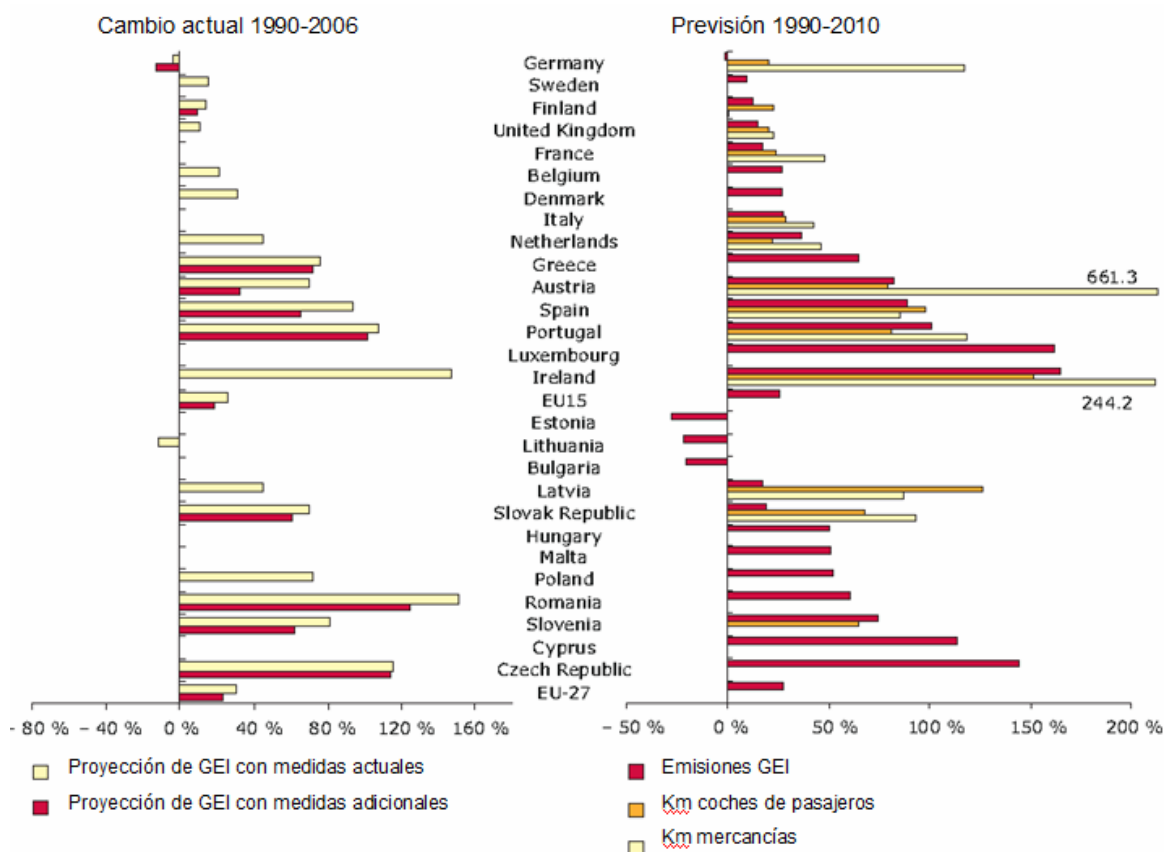
Las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transportes se incrementaron en un 28% en el periodo 1990-2006, tal y como muestra la Figura 3.3. Esto representa un aumento del 3% respecto de otros sectores. Se ha producido un aumento general pese a la mayor eficiencia de los vehículos desde el punto de vista del consumo de combustible, lo que señala que este aumento se debe al incremento en el volumen de transporte. Para 2010, las proyecciones indican que, con las actuales políticas y medidas internas, el incremento de las emisiones de la UE27 continúe progresando hasta superar en un 31% los niveles de 1990.

Figura 3.3 Emisiones de GEI de la UE por sectores.



Las políticas y medidas en vigor no son suficientes para desvincular las emisiones del crecimiento económico. Austria, Bélgica, Italia, Portugal y España esperan reducir de manera significativa el crecimiento previsto con las políticas y medidas adicionales, tal y como se observa en la Figura 3.4. Se prevé que estas políticas y medidas adicionales estabilicen el aumento de las emisiones entorno a los niveles de 2003 [27].

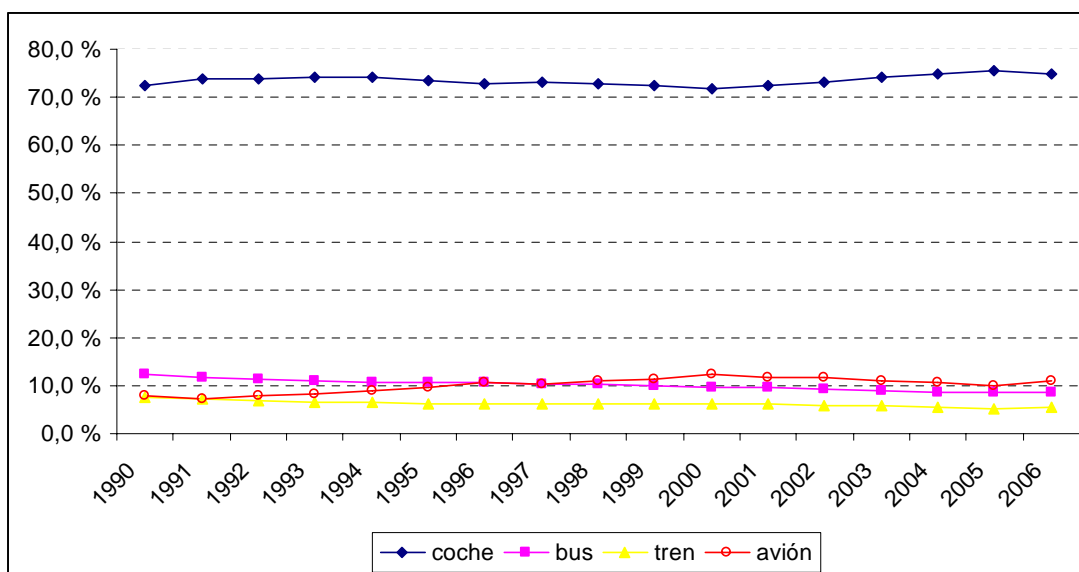
Figura 3.4 Proyección de las emisiones de GEI de la UE27 por países.



Además del notable impacto generado por el consumo de recursos, debe tenerse en cuenta que se trata de una fuente de energía no renovable, con reservas conocidas que garantizan el ritmo actual de consumo durante un tiempo limitado (aproximadamente 50 años), con las implicaciones que esto conlleva sobre las posibilidades de disfrute a las generaciones venideras. Todo ello sin olvidar que los graves daños ambientales provocados en la fase de extracción, transporte, refinado y distribución del combustible son la causa, en demasiadas ocasiones, de alteraciones en los ecosistemas muchas veces irreparables.

Por otro lado si comparamos los modos de transporte, se recogen datos de que desde mediados de los noventa el porcentaje de pasajeros que se desplazan en coche particular, alrededor del 73%, y en ferrocarril, alrededor del 6%, ha permanecido constante. La cuota del volumen total de pasajeros que viajan en avión ha aumentado rápidamente mientras el porcentaje que viaja en autobús y autocar ha descendido a causa del metro y las motocicletas tal y como se observa en la Figura 3.5. Según las estadísticas no existe un cambio modal de la carretera al ferrocarril, que es uno de los principales objetivos de la Política Común de Transporte (PCT).

Figura 3.5 Porcentaje por modos de transporte.



Con estos datos podemos concluir que la situación es grave, pues la contaminación ambiental es un problema de salud pública que supone un riesgo para la población. La información científica evidencia la biomagnificación de contaminantes en la fauna y su presencia en nuestra dieta.

La contaminación tiene una relación directa con la incidencia de enfermedades y con la mortalidad. En España mueren prematuramente 16.000 personas al año por efecto de la contaminación atmosférica. Además, las zonas más industrializadas son también líderes en incidencia de cánceres, lo que evidencia una relación directa entre producción industrial y enfermedad.

La falta de control y la permisividad de las Administraciones públicas con quienes contaminan son una de las causas principales de la situación actual. La contaminación del medio ambiente es el resultado de políticas industriales, de residuos y de transportes muy laxas y permisivas. Esto ha permitido a las empresas obtener grandes beneficios, ya que no incluyen los costes asociados a la contaminación y al deterioro de la salud pública. Aunque legalmente la industria es responsable de las sustancias químicas que produce, es casi imposible hacer responsable judicialmente al fabricante de una sustancia tóxica por los efectos que ésta pueda tener sobre nuestra salud.

El modelo actual de gestión de residuos es un fracaso. Según el Ministerio de Medio Ambiente, al menos el 74,3% de los residuos generados acaban quemados en incineradora o enterrados en vertederos. Lo que agrava el problema de los residuos.

En principio, la importancia del tráfico rodado está in crescendo, de tal modo que las previsiones para el año 2010 en la Unión Europea son de que uno de cada dos ciudadanos disponga de vehículo propio. Por ello habrá que motivar al usuario para que opte por un

vehículo más respetuoso con el medio ambiente y más eficaz en términos de consumo energético, así como por un uso racional del mismo.

Desde el punto de vista de la motorización, el motor diesel puede continuar siendo el dominante en los vehículos pesados y medios, pues no hay una alternativa real a gran escala. Se continuarán haciendo progresos en la mejora de la combustión, la inyección y la puesta a punto de los filtros de partículas. Además, el motor diesel será prioritario en los transportes urbanos, si bien aparecerán aplicaciones puntuales de carburantes de sustitución.

Paralelamente al desarrollo del vehículo eléctrico, debe fomentarse la evolución del vehículo híbrido diesel/eléctrico por razones de ahorro de energía y menor degradación del entorno. En efecto, las prestaciones del motor eléctrico en la ciudad son notables: silencioso, no contamina y velocidad limitada. Por su parte, el diesel aporta importantes ventajas en carretera: escasa emisión de CO y CO<sub>2</sub>, buena relación consumo/velocidad/aceleración, bajo consumo, fiabilidad y duración. Sin embargo, el principal inconveniente de esta solución es precisamente el coste, por tanto, en esta línea se debe progresar en los años venideros. Con todo, la investigación del futuro debe estar dictada por una política de reducción de la contaminación y de ahorro de energía, por lo que las mejoras en la motorización tenderán a conseguir ese objetivo [26].

### 3.4.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En 1996, los estados miembros de la Unión Europea y el Parlamento Europeo aprobaron una “Estrategia Comunitaria para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los automóviles de pasajeros”. El objetivo de esta estrategia era reducir el promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> de los coches de pasajeros recién vendidos en la UE a 120 gramos por kilómetro en el año 2005 o en el año 2010 como máximo. Este objetivo de los 120 g/Km significaba una reducción del 35% de estas emisiones de CO<sub>2</sub> sobre los niveles de emisiones del año 1995. En términos de consumo de carburante, 120 g/Km corresponde a un consumo de carburante de 5 litros por cada 100 kilómetros para los vehículos de gasolina, y un consumo de 4,5 litros por cada 100 kilómetros para los vehículos diesel, medidos ambos según el denominado “ciclo de conducción europeo” (un estándar de ciclo de conducción definido por la UE). Posteriormente, ante la evidente dificultad de alcanzar dicho objetivo, fue revisado y se estableció que en 2012 deberían alcanzarse tan sólo los 130 g/Km. Para ello se establecieron tres vías: medidas técnicas en la industria del automóvil por las que los constructores se han comprometido a reducir las emisiones medias de los vehículos nuevos en un 25 % entre 1995 y 2008-2009 (de 186 g CO<sub>2</sub>/Km en 1995 a 140 g CO<sub>2</sub>/Km en 2008-2009); mejora de la información al consumidor sobre el consumo de combustible y las emisiones; y medidas fiscales para fomentar la adquisición de vehículos menos contaminantes.

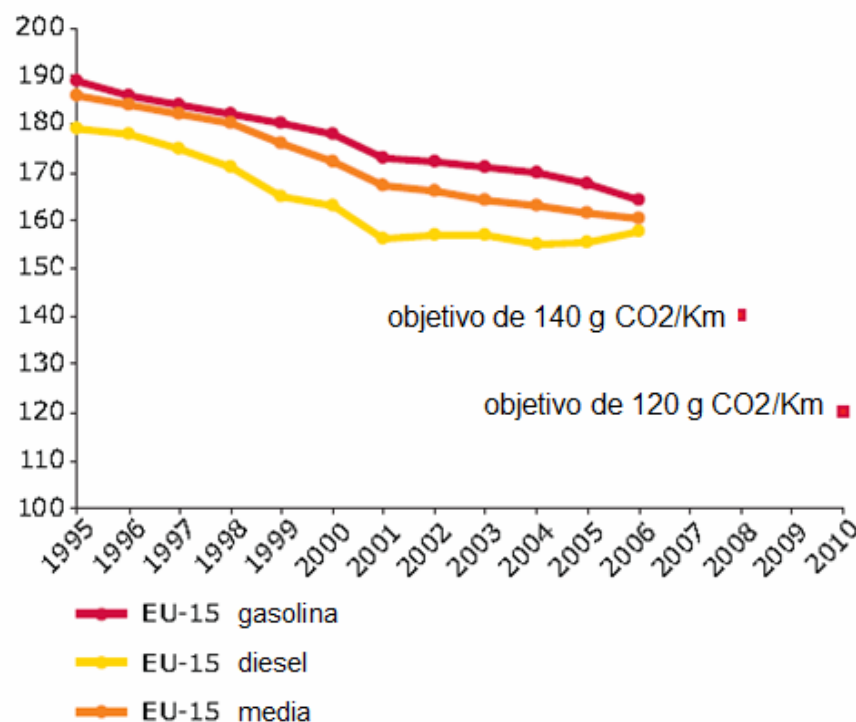
En 1998, la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) y la Comisión Europea alcanzaron un acuerdo voluntario por el cual los primeros se comprometían a reducir el promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> de sus coches de turismo en la UE a un máximo de 140 g/Km para el año 2008.

Esto significaba alcanzar una reducción de alrededor de un 25% sobre estas emisiones respecto a su nivel en el año 1995, y alcanzar unos niveles de consumo de carburante de 6 litros por 100 Km para vehículos de gasolina y de 5,3 litros para los vehículos diesel. El objetivo de los 120 gramos por kilómetro fue pospuesto hasta el año 2012 [9].

En 1999, la Asociación Japonesa de Fabricantes de Automóviles (JAMA) y la Asociación Coreana de Fabricantes de Automóviles (KAMA) asumieron un compromiso similar relativo a sus automóviles vendidos en territorio de la Unión Europea. La diferencia era temporal: se asumía alcanzar el objetivo de los 140 g/Km un año después, en el año 2009.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a los turismos nuevos vendidos en los países de la UE15 están disminuyendo tal y como muestra la Figura 3.6, sin embargo, los fabricantes de automóviles necesitan seguir avanzando para cumplir con el objetivo propuesto para 2008/2009 de 140 g CO<sub>2</sub>/Km y el de 2010 de 120 g CO<sub>2</sub>/ Km.

Figura 3.6 Emisiones medias de CO<sub>2</sub> en la UE15 por tipo de combustible.



Del mismo modo se han reducido las emisiones de partículas, sustancias acidificantes y precursoras de ozono entre un 30 y un 50% entre 1990 y 2006. Las continuas restricciones por parte de las normas Euro en cuanto a emisiones y mejoras de la calidad del combustible

son el principal motivo de estas reducciones. Sin embargo, a pesar de la reducción de emisiones de NOx, sus niveles de concentración en la atmósfera continúan estables, como resultado del incremento de vehículos diesel. Por este motivo la Euro 5 para 2009 y la Euro 6 para 2014, prevén una reducción de NOx en coches diesel de un 80% con respecto a los niveles de Euro 4.

El acuerdo UE-fabricantes no especifica cómo cada marca de automóviles está avanzando en la consecución de los objetivos fijados. Un estudio reciente de la European Federation for Transport and Environment, sin embargo, ha hecho un seguimiento de todas las marcas de automóviles de turismo que vendieron más de 150.000 unidades en la UE entre 1997 y 2005, para analizar su grado de cumplimiento práctico del acuerdo voluntario.

De este modo, establece el siguiente cuadro comparativo de la evolución por marcas desde los niveles de 1997 hasta los de 2005. Los resultados se muestran en la Tabla 3.2 adjunta:

Tabla 3.2 Emisiones promedio de CO2 por marcas de automóviles de más de 15.000 unidades en la UE entre 1997 y 2005.

Marca	Ventas 2005	Emisiones CO2 en g/Km		
		Media 1997	Media 2005	Reducción
Fiat	681.613	169	139	-30
Citroen	875.389	172	144	-28
Renault	1.361.607	173	149	-25
Ford	1.167.602	180	151	-29
Peugeot	1.049.819	177	151	-26
Opel	1.262.789	180	156	-24
Toyota	704.723	189	163	-26
Kia	231.434	202	170	-32
Skoda	265.486	165	152	-13
Seat	344.693	158	150	-8
Nissan	332.742	177	172	-5
Mercedes	626.824	223	185	-38
Hyundai	294.468	189	170	-19
Volkswagen	1.387.628	170	159	-11
BMW	575.087	216	192	-23
Volvo	224.415	219	195	-24
Audi	582.220	190	177	-13



A pesar de los avances, los resultados del análisis no inducen al optimismo. Sólo tres de las veinte marcas analizadas (Fiat, Citroën y Renault) están en el camino de cumplir con el acuerdo voluntario de los 140 g/Km Ford y Peugeot están casi en el camino. Las demás quedan bastante lejos.

A la vista de estos resultados, la Comisión Europea propuso una nueva estrategia para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los automóviles. Esta estrategia abandona los acuerdos voluntarios y opta por imponer una legislación que obligue a los fabricantes a alcanzar los objetivos fijados. La idea de la Comisión es alcanzar un objetivo de 120 g/Km de CO<sub>2</sub> en 2012, incluyendo una mejora en la eficiencia de los neumáticos y aire acondicionado, que deberían aportar una reducción de 10 g/Km [29].

### **3.4.2.1. DIRECTIVAS EUROPEAS DE CALIDAD DEL AIRE**

En lo que se refiere a los contaminantes procedentes de los automóviles que afectan a la calidad del aire urbano, la UE ha venido estableciendo desde hace ya algunos años una serie de normas de obligado cumplimiento que limitan las emisiones máximas de los principales contaminantes.

Las normas Euro de la UE se dirigen a los fabricantes de automóviles, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos que funcionan con gasolina o con gasóleo. Se han establecido cuatro normas en los últimos años: la Euro 1 (91/441/CEE), que entró en vigor en 1992-93, obligó a los fabricantes a instalar tres vías convertidores catalíticos en los vehículos de gasolina, la Euro 2 (94/12/EC) introducida en 1996-7, y la Euro 3 y Euro 4 (98/69/EC) que entraron en vigor en 2000 y 2005 respectivamente. Como consecuencia de este proyecto también fueron reforzadas las normas de calidad del combustible, para reducir las emisiones y permitir la introducción de nueva tecnología de control de emisiones, que en muchos casos requiere un bajo contenido de azufre. El mayor contenido de azufre permitido para la gasolina se fijó en 150 ppm (partes por millón) en 2000 y 50 ppm en 2005, y el diesel a 350 ppm en 2000 y 50 ppm en 2005. Y como resultado de una nueva decisión en 2003 (2003/17/CE) el límite para los combustibles se reducirá a 10 ppm en 2009.

Para determinar la emisión de gases contaminantes el vehículo se someterá a una pruebas de los tipos I, II y III, según su categoría de peso y en las condiciones que se indican a continuación :

- Prueba del tipo I (control de los contaminantes emitidos como término medio en zona urbana congestionada después de un arranque en frío).
- Prueba de tipo II (control de la emisión de monóxido de carbono con el motor al ralentí).





- Prueba de tipo III (control de las emisiones de gas del cárter).

Las tres pruebas son similares en cuanto al procedimiento por lo solo se describirá más detalladamente la de tipo I.

Esta prueba se realiza en todos los vehículos cuyo peso máximo no sobrepase 3,5 toneladas. Se colocará el vehículo sobre un banco dinamométrico provisto de un freno y un volante de inercia. Se efectuará sin interrupción una prueba de trece minutos de duración total, compuesta de cuatro ciclos. Cada ciclo se compondrá de 15 operaciones (ralentí, aceleración, velocidad constante, deceleración...) .Durante la prueba se recogerán los gases de escape en uno o varios sacos. Los gases se analizarán y se medirá su volumen al terminar el período de llenado.

Antes de la prueba, el vehículo se mantendrá, durante seis horas como mínimo, a una temperatura comprendida entre 20 ° y 30 ° C. Además se comprobará si las temperaturas del agua de refrigeración y del aceite del motor están comprendidas entre 20 ° y 30 ° C.

La presión de los neumáticos será la indicada por el constructor. Sin embargo, si el diámetro de los rodillos es inferior a 50 cm se aumentará la presión de los neumáticos de un 30 % a un 50 %, para evitar su deterioro.

En lo que se refiere a los hidrocarburos en particular, las bolsas se acondicionarán de manera que las pérdidas de hidrocarburos sean inferiores al 2 % de su contenido de origen, durante un período de almacenamiento de 20 minutos.

Para la realización de la prueba la temperatura del local donde se encuentre el banco de rodillos estará entre 20 ° y 30 ° C.

El motor se pondrá en marcha y se mantendrá al ralentí con el « starter » durante 40 segundos. Se efectuarán varias aceleraciones manteniendo velocidades constantes, siempre en punto muerto y se hará la recogida de gases al final.

La determinación de la cantidad de gases contaminantes emitidos se hace mediante la corrección de los volúmenes de gas medidos.

El volumen de los gases contenidos en cada bolsa deberá referirse a las condiciones normales de temperatura y de presión mediante la fórmula:

$$V = V_m 273 / ( 273 + t_m ) \times ( P_m - P_H ) / 760$$

donde las cantidades  $V_m$  ,  $t_m$  ,  $P_m$  y  $P_H$  se definen como sigue :

- $V_m$  : volumen medido , expresado en litros , como se indica en el número 6.3.5 ;
- $t_m$  : media aritmética de las temperaturas extremas registradas , como se indica en el número 6.3.3 , expresada en grados Celsius ;



- $P_m$  : media aritmética de las presiones absolutas extremas registradas , como se indica en el número 6.3.4 , expresada en milímetros de mercurio ;

La masa de gases contaminantes contenida en cada bolsa se determinará por el producto  $dCV$ , donde  $C$  es el contenido en volumen y  $d$  la masa volúmica del gas contaminante considerado, que será:

- para el monóxido de carbono:  $d = 11,250$
- para los hidrocarburos:  $d = 3,844$  ( n-hexano).

La masa  $M$  de cada gas contaminante emitido por el vehículo en el curso de la prueba se obtendrá sumando las masas de gases contaminantes contenidas en cada saco.

La descripción del tipo de pruebas que se realizan en vehículos ligeros se especifica en la Directiva 70/220. Lamentablemente no hay una correlación simple entre las nuevas emisiones estándar y las corregidas por otras directivas. Mientras que el ciclo de conducción no ha cambiado, la Directiva 98/69/CE introduce un cambio importante: las emisiones deben ser recogidas desde el momento de arranque en lugar de después de 40 segundos de la parada del vehículo. En consecuencia, la distancia de conducción permanece igual, pero las emisiones recogidas ahora incluyen los primeros segundos del arranque por lo que dichas emisiones se han incrementado, ya que el motor no está trabajando a la misma temperatura. Y las emisiones de CO para la Directiva 98/69/CE son mayores que las de la Directiva 94/12/CE. Lo que dificulta la comparación directa entre los valores límite de las diferentes directivas.

Las normas son diferentes para los vehículos diésel y gasolina. Algunas emisiones de partículas de los vehículos de gasolina no están reguladas ya que estas son muy bajas en comparación con las emisiones de los motores diesel. Los límites de emisión (en gramos por kilómetro) para los vehículos ligeros (tipo M1 de peso máximo inferior a 2.500 kilos) de gasolina y diesel en un ensayo normalizado son los que se exponen a continuación en la Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Límites de emisiones contaminantes en vehículos.

Norma	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
DIESEL					
Euro 1	3,16		1,13		0,18
Euro 2	1,0		0,9		0,1
Euro 3	0,64		0,56	0,5	0,05
Euro 4	0,5		0,3	0,25	0,025
Euro 5	0,5		0,23	0,18	0,005
Euro 6	0,5		0,17	0,08	0,005
GASOLINA					
Euro 1	3,16		1,13		
Euro 2	2,3		0,5		
Euro 3	2,2	0,2		0,15	
Euro 4	1,0	0,1		0,08	
Euro 5	1,0	0,1		0,06	0,005
Euro 6	1,0	0,1		0,06	0,005

La norma Euro 5 entrará en vigor el 1 de septiembre de 2009 para la homologación de los vehículos, y del 1 de enero de 2011 para el registro y la venta de los nuevos tipos de vehículos; y la Euro 6 que entrará en vigor el 1 de septiembre de 2014 para la homologación de los vehículos, y del 1 de enero de 2015 para el registro y la venta de los nuevos tipos de vehículos; contempla reducir sustancialmente las emisiones de gases de escape de vehículos diesel. Supondrá una reducción adicional de más del 50% en comparación con la norma Euro 5.

Se estima que esta nueva directiva podría aumentar el coste de los motores diesel de 400 a 600 € y el de los motores de gasolina de 50 a 100 € por vehículo. Además, se está estudiando la posibilidad de regular las emisiones de partículas muy finas (menores de 2,5 micras) que son las más dañinas para la salud, por ser las que más fácilmente penetran en los alvéolos de los pulmones. La nueva directiva obligará, por otra parte, a los fabricantes a entregar información técnica para la reparación de los vehículos a disposición de los talleres independientes.

Desde 1970 la Directiva 70/220/CEE se ocupan de los vehículos de motor de explosión y de motor de compresión, destinados a circular por carretera, con o sin carrocería, con un mínimo de cuatro ruedas, cuya masa máxima autorizada no supera los 3.500 Kg y su velocidad máxima de fabricación es de 50 Km/h. Dicha Directiva se aplica a las emisiones de



escape, las emisiones por evaporación, las emisiones de gas del cárter y a la longevidad de los dispositivos anticontaminación de todos los vehículos de motor de explosión, así como a las emisiones de escape y a la durabilidad de los dispositivos anticontaminación de los vehículos de motor de compresión de las clases M1 y N1 excepto los vehículos de la categoría N1, cuya homologación se concede con arreglo a la Directiva 88/77/CEE [27].

De la Directiva 70/220/CEE derivaron toda una serie de directivas subordinadas, entre las que destacan:

- La Directiva 96/62/EC sobre gestión y evaluación de la calidad del aire.
- La Directiva 98/69/CE, por la que entraron en vigor los valores más estrictos establecidos en 2000 o 2005 dependiendo del tipo de vehículo y prevé la elaboración, en caso necesario, de normas relativas a la homologación de los vehículos que utilicen tecnologías de propulsión alternativas o combustibles alternativos.
- La Directiva 1999/30/EC sobre nuevos límites de emisión de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), partículas y plomo.
- La Directiva 2000/69/EC sobre nuevos límites de monóxido de carbono (CO) y benceno.
- La Directiva 2001/1/CE establece las fechas a partir de las cuales será obligatoria la instalación de sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) en los vehículos particulares.
- La Directiva 2002/3/EC sobre ozono superficial.
- La Directiva 2004/107/EC sobre arsénico, níquel, cadmio y benzopireno.

Además, los tipos nuevos de vehículos de las categorías M1 y N1 deberán estar equipados antes del 1 de enero de 2005 (vehículos ligeros con motores diésel), de 2000 (vehículos con motor de gasolina) y de 2003 (los demás tipos de vehículos) del sistema de diagnóstico a bordo (DAB) que permita controlar el nivel de las emisiones y detectar una eventual avería en el equipo de control de la contaminación del vehículo.

Hasta el año 1999, para determinar el cumplimiento de los valores límite se aplicaba el ciclo de ensayo de homologación europeo completo establecido en la Directiva 91/441/CEE. Pasada esa fecha, se aplicará el procedimiento de ensayo de la Directiva 98/69/CE [28].

En la actualidad se está discutiendo un borrador de nueva Directiva 1999/94/CE de Calidad del Aire, que tiene por objeto garantizar que se proporcione a los consumidores información relativa al consumo de combustible y a las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos que se pongan a la venta o se den en arrendamiento financiero en la Comunidad. Dicha Directiva prevé la colocación de una etiqueta de consumo de combustible en el parabrisas de todos los turismos nuevos en el punto de venta, se puede encontrar una muestra de esta etiqueta en

el Anexo I de este proyecto. Esta etiqueta debe colocarse en un lugar perfectamente visible y responder a los requisitos descritos en el anexo I de dicha Directiva. Ha de indicar sobre todo el valor del consumo de combustible expresado en litros por cada 100 Km y de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La Directiva 98/70/CE relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo y por la que se modifica la Directiva 93/12/CEE del Consejo y que tiene por objeto dar respuesta al compromiso asumido en la Directiva 94/12/CE, por la que se había previsto la adopción ulterior de unos valores que supusieran una reducción sustancial de las emisiones contaminantes de los vehículos de motor a partir del año 2000. Dicha Directiva será derogada por la 2003/17/CE, que establece que en la UE a partir de 2005, se comercialice en su territorio gasolina sin plomo y combustible diésel con un contenido máximo de azufre de 10 mg/Kg. Y en 2009, velarán por que la gasolina sin plomo y el combustible diésel comercializados en su territorio cumplan las especificaciones medioambientales establecidas en los anexos III y IV de la Directiva (excepto en lo relativo al contenido de azufre, que será de un máximo de 10 mg/Kg).

Y finalmente la Directiva 2003/30/CE propuesta impone a los Estados miembros la obligación de adoptar la legislación y las medidas necesarias para que, a partir de 2005, los biocarburantes representen un porcentaje mínimo de los combustibles comercializados en su territorio.

En el marco del desarrollo sostenible en Europa y del Libro Verde, la Comisión propone un verdadero plan de acción dirigido a aumentar el porcentaje de los biocarburantes hasta más de 20% del consumo europeo de gasolina y gasóleo para 2020.

Según las previsiones del Libro Verde, el crecimiento del sector de los transportes se cifrará anualmente en aproximadamente un 2% durante la próxima década. A falta de medidas de ahorro de energía, el consumo de gasóleo y gasolina en los transportes alcanzaría alrededor de 304 millones de TEP (tonelada equivalente de petróleo) en 2010 en el conjunto de la UE.

La Directiva establece un porcentaje mínimo de biocarburantes que deberán sustituir al gasóleo o a la gasolina a efectos de transporte en cada Estado miembro. Estos biocarburantes se verán con más detalle en apartados posteriores en este proyecto.

Además existe un proyecto de Directiva para mejorar el funcionamiento del mercado interior y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos. Consiste en la reestructuración de los sistemas impositivos de los Estados miembros aplicables a estos vehículos, dicho proyecto de Directiva pretende suprimir los obstáculos fiscales a los traslados de automóviles de un Estado miembro a otro.

Por lo que se refiere a los impuestos sobre los automóviles de turismo, la Comisión propone las medidas siguientes:

- la desaparición gradual del impuesto de matriculación durante un período transitorio de entre cinco y diez años;
- la implantación de un sistema de reembolso del impuesto de matriculación aplicable a los automóviles de turismo matriculados en un Estado miembro, que se exporten o trasladen posteriormente con carácter permanente a otro Estado miembro;
- la introducción en la base imponible de los impuestos anuales de circulación y en los impuestos de matriculación de un componente basado en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La introducción de un vínculo entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y la base del impuesto de matriculación y del impuesto anual de circulación se basará en el número de gramos de CO<sub>2</sub> emitidos por kilómetro por cada automóvil.

El total de ingresos fiscales derivados del componente de los impuestos anuales de circulación vinculado a las emisiones de CO<sub>2</sub> deberá representar al menos:

- Un 25 % a 31 de diciembre de 2008;
- Un 50 % a 31 de diciembre de 2010.

Actualmente para comprobar que los vehículos que ya se encuentran en el mercado y no están equipados con DAB siguen cumpliendo las condiciones técnicas exigidas para su circulación por las vías públicas, se realiza el proceso de inspección técnica de vehículos (ITV), en que se comprueban las emisiones contaminantes emitidas el vehículo en cuestión. Las exigencias para cada categoría de vehículo se establecen en el "Manual de Procedimiento de Inspección de las Estaciones de Inspección Técnica de vehículos (Revisión 5ª de 2006 y Revisión 6ª de 2008 del apartado 5.2 de la sección II)", publicado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

En general las operaciones de inspección, tienen como finalidad fundamental detectar anomalías que afecten a los órganos esenciales del vehículo y a la calidad del medio ambiente, aumentando su corrección, nivel de seguridad vial y de calidad ambiental.

El método de inspección será visual y mecanizado. El visual se realizará mediante observación de los órganos o elementos de que se trate, y el mecanizado se realizará con ayuda de los equipos necesarios. En el caso de análisis de las emisiones contaminantes, los equipos que se emplean para inspección mecanizada son: analizador de gases, medidor de temperatura y contador de revoluciones para el análisis de vehículos de encendido por chispa, y opacímetro, para vehículos de encendido por compresión [30].

A continuación en la Tabla 3.4 se recoge un resumen sobre las exigencias relativas a emisiones contaminantes en los vehículos:

Tabla 3.4 Análisis de humos en vehículos.

TIPO DE VEHÍCULO	VALOR LIMITE
vehículos con motor de encendido provocado	<p>1.- PARA VEHÍCULOS SIN CATALIZADOR:</p> <p>El declarado por el fabricante ó en su defecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- para los vehículos matriculados hasta el 01/10/86: CO-4,5 % vol</li> <li>- para los vehículos matriculados después del 01/10/1986: CO-3,5 % vol</li> </ul> <p>2.- PARA VEHÍCULOS CON CATALIZADOR</p> <p>Medición con el motor al ralentí: 0,5 % en volumen de CO ó en el caso de vehículos matriculados a partir del 01/07/2002, 0,3 % en volumen de CO.</p> <p>Medición con el motor al ralentí acelerado: 0,3 % en volumen de CO ó en el caso de vehículos matriculados a partir del 01/07/2002, 0,2 % en volumen de CO.</p>
vehículos con motor de encendido por compresión	<p>El nivel de opacidad no deberá ser superior al registrado en la placa del fabricante conforme a la Directiva 72/306/CEE.</p> <p>O en su defecto, no deberán superarse los valores límite del coeficiente máximo de absorción para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vehículos con motor diesel de aspiración natural matriculados antes del 01/07/2008: 2,5 m-1.</li> <li>- Vehículos con motor diesel sobrealimentados matriculados antes del 01/07/2008: 3,0 m-1.</li> <li>- Vehículos matriculados después del 01/07/2008: 1,5 m-1.</li> </ul>

### 3.4.3. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Ya que el ruido no sólo afecta a la calidad de vida, sino también a la salud de los ciudadanos a partir de determinados niveles de volumen sonoro (a partir de 60 dB(A) según la Agencia Europea de Medio Ambiente). Además de las medidas correctivas aplicables a algunas

fuentes de ruido, la UE adoptó en 2002 una Directiva que define un planteamiento general en lo que respecta a la gestión y la evaluación del ruido ambiental.

En un principio, la lucha contra el ruido no se consideró una prioridad en materia ambiental, a diferencia, por ejemplo, de la reducción de la contaminación atmosférica. Las consecuencias sobre la población eran menos espectaculares y la degradación de la calidad de vida era aceptada como una consecuencia directa del progreso tecnológico y la urbanización.

Las primeras medidas comunitarias consistieron en la fijación de los niveles máximos de ruido para determinados tipos de vehículos con vistas a la realización del mercado único. A la normativa comunitaria se añadieron también medidas nacionales.

Una evaluación del impacto de las medidas legislativas ha puesto de relieve una notable reducción del ruido emitido por determinados vehículos. Así, el ruido causado por los vehículos particulares se ha reducido en un 85% desde 1970. Sin embargo, el problema del ruido ambiental sigue estando de actualidad, debido principalmente al aumento del tráfico.

El Quinto programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente, de 1993, establece los objetivos de reducción del ruido para el año 2000. Al revisar este programa en 1995, la Comisión anunció la instauración de una política de reducción del ruido, de la que el Libro Verde constituye un primer paso.

La Comisión aboga en el Libro Verde por una estrategia global que integre a la totalidad de los socios locales y nacionales para lograr una mayor eficacia. Para ello propone:

- la instauración de una verdadera responsabilidad compartida
- la definición de los objetivos que se desean alcanzar
- el aumento de la coherencia de las acciones propuestas
- el seguimiento de los progresos realizados
- el desarrollo de métodos de control del ruido ambiental.

El Libro Verde aborda, por primera vez, el ruido ambiental desde la perspectiva de la protección ambiental. Se excluye, por tanto, el ruido en los lugares de trabajo, a que se refiere la Directiva 86/188/CEE, remplazada por la Directiva 2003/10/CE, y el ruido de «vecindad».

La Comisión plantea dos ejes de intervención para luchar contra el ruido:

a) Política general de lucha contra el ruido





A través de las propuestas enumeradas en el Libro Verde, la Comisión desea reestructurar el conjunto de la política comunitaria al respecto. Para ello están previstas las siguientes acciones:

- armonización de los métodos de evaluación de la exposición al ruido
- creación de un índice común CE de exposición al ruido
- limitación de la transmisión del ruido (mediante el aislamiento de los edificios)
- desarrollo del intercambio de información y experiencia entre los Estados miembros sobre exposición al ruido ambiental (campañas de sensibilización sobre los problemas ambientales)
- aumento de la coherencia de los programas de investigación sobre el ruido.

b) Reducción de las emisiones en la fuente:

En el caso del transporte por carretera:

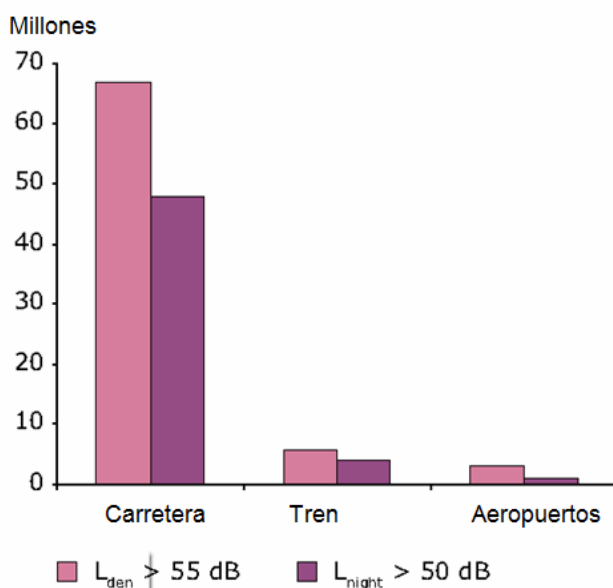
- reducción de los valores de emisión de ruido autorizados
- intervención a nivel de las infraestructuras para limitar el ruido causado por los neumáticos (revestimiento más silencioso de las calzadas)
- revisión de los impuestos aplicados a los vehículos teniendo en cuenta el nivel sonoro
- instauración de un control del ruido emitido por los vehículos durante la inspección técnica
- desarrollo de instrumentos económicos, como incentivos para la compra de vehículos silenciosos
- limitación del uso de vehículos ruidosos.

En el marco de la lucha contra las molestias sonoras, la UE establece un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos perjudiciales de la exposición al ruido ambiental. Dicho enfoque se basa en la determinación cartográfica de la exposición al ruido según métodos comunes, en la información a la población y en la aplicación de planes de acción a nivel local. La Directiva tiene por objeto asimismo sentar unas bases que permitan elaborar medidas comunitarias relativas a las fuentes de ruido.

Los primeros informes sobre la exposición al ruido del tráfico en grandes aglomeraciones de la Comisión Europea son de 2007. En la Figura 3.7 se observa que predomina la exposición al ruido del tráfico rodado. Casi 67 millones de personas, lo que equivale al 55% de la

población que viven en aglomeraciones de mas de 250.000 habitantes, están expuestas diariamente a niveles de ruido que exceden los 55 dB  $L_{den}$ .

Figura 3.7 Personas afectadas por ruido en aglomeraciones de >250.000 habitantes. UE27.



### 3.4.3.1. DIRECTIVA EUROPEA CONTRA EL RUIDO

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, combate el ruido que percibe la población en zonas urbanizadas, parques públicos, en zonas en campo abierto, en las proximidades de centros escolares y en los alrededores de hospitales, y otros lugares vulnerables al ruido.

Esta directiva considera que se debe alcanzar un elevado grado de protección del medio ambiente, para ello insiste en la necesidad de establecer medidas específicas y pone de manifiesto la falta de datos con respecto a las fuentes de ruido, aunque reconoce que algunas categorías de ruidos ya están cubiertas por la legislación comunitaria, debe proponer una base para completar las medidas existentes sobre el ruido emitido por las principales fuentes. Por consiguiente, los datos sobre los niveles de ruido ambiental se deben recabar, cotejar y comunicar con arreglo a criterios comparables. Esto supone el uso de indicadores y métodos de evaluación comunes y una definición de los valores límite, en función de indicadores armonizados para calcular los niveles de ruido [31].

La directiva vigente para el ruido emitido por vehículos de motor, es la Directiva 70/157/CEE del Consejo, de febrero de 1970, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el nivel sonoro admisible y el dispositivo de escape de los vehículos de motor. Los objetivos principales de esta directiva son: determinar la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruido; poner a disposición de la población la información pertinente; y adoptar planes de acción por los Estados miembros en base a los resultados de los mapas. En ella además se establecen sus ámbitos de aplicación, algunas definiciones de interés, se designa a las autoridades y entidades competentes, y sus



responsabilidades, también establece los métodos de evaluación, el modo de realizar los mapas de ruido y las medidas concretas de los planes de acción.

Dicha directiva ha sido modificada por los actos siguientes:

- Directiva 73/350/CEE de la Comisión de 7 de noviembre de 1973;
- Directiva 77/212/CEE del Consejo de 8 de marzo de 1977;
- Directiva 81/334/CEE de la Comisión de 13 de abril de 1981;
- Directiva 84/372/CEE de la Comisión de 3 de julio de 1984;
- Directiva 84/424/CEE del Consejo de 3 de septiembre de 1984;
- Directiva 87/354/CEE del Consejo de 25 junio de 1987;
- Directiva 89/491/CEE de la Comisión de 17 de julio de 1989;
- Directiva 92/97/CEE del Consejo de 10 de noviembre de 1992;
- Directiva 96/20/CE de la Comisión, de 27 de marzo de 1996;
- Directiva 99/101/CE de la Comisión de 15 de diciembre de 1999;
- Directiva 2007/34/CE de la Comisión, de 14 junio de 2007.

Estas directivas se aplican a todo vehículo de motor destinado a circular por carretera, con o sin carrocería, con cuatro ruedas como mínimo y una velocidad máxima de fabricación superior a 25 Km/h, con excepción de los vehículos que se desplazan sobre raíles, los tractores agrícolas y forestales y los equipos mecánicos móviles.

Las directivas establecen valores límite para los niveles sonoros de las partes mecánicas y los dispositivos de escape de los vehículos considerados. Los valores son de 74 dB(A) para los vehículos automóviles y 80 dB(A) para los vehículos industriales de gran potencia. Dichos valores admisibles se establecen en función de las categorías de vehículos.

Se autoriza a los Estados miembros a conceder incentivos fiscales destinados a fomentar la consecución de valores límite más bajos, siempre que: no sean discriminatorios, sean temporales, su valor sea sustancialmente inferior al coste del equipo instalado y se apliquen a los vehículos provistos de equipos que permitan cumplir las futuras normas europeas por anticipado.

Existe un procedimiento de homologación de cada tipo de vehículo, dispositivo de escape y unidad técnica (dispositivo silencioso de escape de recambio). Cuando un tipo de vehículo,

dispositivo de escape o unidad técnica supere los ensayos, la autoridad competente del Estado miembro en cuestión extenderá un certificado de homologación CEE.

El método de prueba para la medición de ruido de un vehículo según la Directiva vigente consiste en una prueba que debe efectuarse en carretera o en un banco dinamómetro de rodillos. La medición del ruido emitido por el vehículo se efectúa para un vehículo parado y en marcha respectivamente. Dichas mediciones se realizan con un sonómetro de precisión, que se calibrará según las indicaciones del fabricante al término de cada serie de mediciones.

El terreno de pruebas debe consistir en un recorrido central recto rodeado de un área plana. Se utilizarán los neumáticos seleccionados por el fabricante siempre que se puedan obtener en el mercado. El micrófono deberá estar situado a 7,5 m de la línea de referencia de la pista y a 1,2 m del suelo. Para todas las mediciones, el vehículo se conducirá en línea recta por el recorrido de aceleración. La velocidad de aproximación del vehículo será la menor de:

- 50 Km/h
- La correspondiente a un régimen de giro equivalente a  $\frac{3}{4}$  de aquella a la que el motor desarrolle su máxima potencia.

Se llevarán a cabo, como mínimo, tres mediciones en cada punto de medición. La prueba con el vehículo parado es similar y sirve para evaluar las condiciones de funcionamiento del motor, se sitúa el micrófono a la altura del orificio de salida de los gases de escape a una distancia de 0,5 m. Con el motor a ralentí se acelera hasta un régimen de giro constante a tres cuartos de la velocidad de giro en la cual el motor desarrolla su potencia máxima.

Por último, si el nivel sonoro del vehículo examinado no excede en más de 1 dB (A) los valores límite prescritos, para vehículos de categoría M1 74 dB, se considerará que el tipo de vehículo se adecua a los requisitos de la presente Directiva.

Actualmente la evaluación del ruido ambiental se hace a través de los indicadores del nivel de ruido  $L_{den}$  que es un indicador del nivel de ruido global durante el día, la tarde y la noche, utilizado para determinar la molestia vinculada a la exposición al ruido;  $L_{night}$  es un indicador del nivel sonoro durante la noche que determina las alteraciones del sueño. Los indicadores de ruido  $L_{den}$  y  $L_{night}$  se utilizan en la elaboración de mapas de ruido estratégicos.

A partir de 2005, los Estados miembros deberán comunicar a la Comisión informaciones relativas a los valores límite pertinentes, vigentes o previstos, expresados en  $L_{den}$  o  $L_{night}$  y, llegado el caso, en  $L_{day}$  y  $L_{evening}$  respecto al ruido del tráfico rodado, aéreo y ferroviario y el ruido industrial, tal y como se describe en la directiva.

Además a partir de este año, y después cada cinco años, los Estados miembros deben informar a la Comisión de los grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los seis millones de vehículos al año, los grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 60.000 trenes al año,

los grandes aeropuertos y las aglomeraciones de más de 250.000 habitantes presentes en su territorio.

Y para el 2008, deberán haberse elaborado los planes de acción para los grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los seis millones de vehículos al año, los ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 60.000 trenes al año, los grandes aeropuertos y las aglomeraciones con más de 250.000 habitantes. Y en 2013, deben elaborarse planes de acción para el conjunto de grandes aglomeraciones y de grandes aeropuertos, ejes viarios y ejes ferroviarios.

En un informe la Comisión presenta un panorama de la legislación comunitaria vigente en materia de ruido, que incluye disposiciones relativas a la armonización de la evaluación y gestión del ruido, la evaluación de impacto ambiental, los requisitos sobre acceso al mercado de una serie de vehículos de carretera y materiales. Además, el informe indica que la investigación y el desarrollo son fundamentales para la elaboración de las medidas comunitarias en el ámbito del ruido (red temática «CALM» y proyectos financiados con cargo al cuarto y al quinto programas marco de investigación) [25].

Pero lo cierto es que actualmente, una vez que los vehículos de motor se encuentran en el mercado, según la normativa vigente no existen ningún procedimiento ni nivel de aceptación del ruido emitido por los vehículos de motor. Aunque sí es cierto, que en las ITV's se lleva a cabo un análisis del ruido emitido por los ciclomotores y motocicletas que se pretende extender a los coches en el futuro.

### **3.4.4. RESIDUOS**

Cada año se producen casi dos mil millones de toneladas de residuos en los Estados miembros, incluidos residuos especialmente peligrosos, y esta cifra no deja de aumentar. El almacenamiento de estos residuos no es una solución sostenible y su destrucción no resulta satisfactoria debido a los desechos que se producen como derivados y a los residuos muy concentrados y contaminantes. La mejor solución sigue consistiendo en prevenir la producción de residuos y en reintroducirlos en el ciclo de producción mediante el reciclado de sus componentes cuando existan soluciones sostenibles desde los puntos de vista ecológico y económico.

La UE dispone de un marco de gestión coordinada de los residuos en los Estados miembros para limitar su producción y organizar de la mejor manera posible su tratamiento y eliminación.

Los Estados miembros deben prohibir el abandono, el vertido y la eliminación incontrolada de residuos. Deben fomentar la prevención, el reciclado y la transformación de los residuos para poder reutilizarlos. Las medidas prevén una cooperación entre Estados miembros con vistas al establecimiento de una red integrada y adecuada de instalaciones de eliminación que permita a la Comunidad llegar a ser autosuficiente en la eliminación de residuos y a cada

Estado miembro tender hacia ese objetivo. La red debe garantizar un elevado nivel de protección del medio ambiente.

La estrategia europea para la prevención y el reciclado de los residuos y, basándose en los progresos ya realizados, describe las posibles opciones estratégicas sobre las que desea actuar.

Se han realizado progresos gracias, sobre todo, a la normativa comunitaria, cuyas principales medidas son la Directiva marco sobre residuos, la Directiva sobre residuos peligrosos y el Reglamento relativo a las transferencias de residuos. Esos actos han servido de base para la aprobación de reglamentaciones específicas que han permitido reducir el impacto ambiental del tratamiento de los residuos ( Directiva IPPC, vertido, incineración ) y de determinados flujos de residuos ( aceites usados, PCB/PCT, pilas y acumuladores, envases, vehículos fuera de uso y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos ).

La estrategia de prevención y reciclado de residuos, que es una de las siete estrategias temáticas mencionadas en el sexto programa de acción en materia de medio ambiente , debe aproximarse a otras dos iniciativas: la política de productos integrada y la estrategia de uso sostenible de los recursos naturales . Una aplicación paralela de las tres permitirá perfilar mejor los equilibrios que es preciso alcanzar para la gestión de los recursos, de los productos, de los residuos y del impacto ambiental de éstos [25].

### **3.4.4.1. DIRECTIVA SOBRE RESIDUOS**

Los detalles de esta gestión de residuos se recogen en la Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de abril de 2006, relativa a los residuos. Las medidas se aplican a las sustancias u objetos de los que se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales de los Estados miembros. No se aplica a los efluentes gaseosos, ni a los residuos radiactivos, residuos minerales, cadáveres de animales, residuos agrarios, aguas residuales y explosivos desclasificados cuando esos diferentes tipos de residuos estén sujetos a una reglamentación comunitaria específica.

La Comisión ha publicado una serie de directrices, basadas en la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de las Comunidades Europeas (TJCE), para ayudar a las autoridades competentes y al sector privado a determinar si un producto constituye o no un residuo.

Se publica la decisión 2000/532/CE de la Comisión, que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud de la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos [10].



Esta decisión establece una Lista Europea de Residuos (LER), en la que a partir de su entrada en vigor en enero de 2001, se considera a los vehículos como residuos peligrosos. Pues se consideró necesaria la adopción de una directiva específica en razón de la importancia de este tipo de residuos.

Según la Directiva 2000/53/CEE, se considera «vehículo al final de su vida útil» todo vehículo que entre dentro de la definición comunitaria de residuo formulada en la Directiva 75/442/CEE, que ha sido sustituida por la Directiva 2006/12/CE. Así pues, en el campo de aplicación de la Directiva se incluyen:

- todos los vehículos al final de su vida útil clasificados en las categorías M1 o N1 (definidas en la Directiva 70/156/CEE );
- los vehículos de motor de dos o tres ruedas, así como sus componentes.

La prevención de los residuos es el objetivo prioritario de la Directiva. Para ello se prevé que los fabricantes de vehículos, en colaboración con los proveedores de materiales y equipamiento deben:

- controlar la utilización de sustancias peligrosas desde la fase de diseño del vehículo;
- diseñar y fabricar vehículos de manera que se facilite el desmontaje, la reutilización, la valorización y el reciclado de los vehículos al final de su vida útil;
- fomentar la utilización de materiales reciclados en la fabricación de vehículos;
- velar por que los componentes de los vehículos que salgan al mercado después de julio de 2003 no contengan mercurio, cromo hexavalente, cadmio ni plomo, excepto en las aplicaciones que se enumeran en la lista del anexo II de la Directiva.

La Directiva establece también disposiciones relativas a la recogida de todos los vehículos al final de su vida útil. Los Estados miembros deben establecer sistemas de recogida de los VFUs, así como de las piezas que constituyan residuos. Deben velar, asimismo, por que todos los vehículos se transfieran a instalaciones de tratamiento autorizadas (CAT). Deben crear un sistema para dar de baja del registro de matriculación al VFU a cambio de la presentación de un certificado de destrucción. Ese certificado se expide cuando el VFU se transfiere de forma gratuita a una instalación de tratamiento donde será descontaminado, cumpliendo con los requisitos de la Orden Ministerial INT/249/2004, por la que la D.G.T. deja de proporcionar las bajas en el Registro de automóviles.

El almacenamiento y el tratamiento de los VFUs sujetos también a un control riguroso, conforme a los requisitos establecidos por la Directiva 2006/12/CE. Los establecimientos o empresas que realicen operaciones de tratamiento deben descontaminar los VFUs antes de someterlos a cualquier otro tratamiento y recuperar todos los componentes que puedan



resultar nocivos para el medio ambiente. Debe propiciarse la reutilización y el reciclado de los componentes de los vehículos (baterías, neumáticos, aceites, etc.).

Actualmente se recicla un 75 % de los VFUs (restos metálicos). El objetivo de esta Directiva es aumentar el porcentaje de reutilización y valorización hasta un 85 % del peso medio por vehículo y año de aquí al año 2006, y hasta un 95 % para el 2015, así como aumentar dentro del mismo plazo la reutilización y el reciclado hasta un mínimo del 80% y del 85 %, respectivamente, del peso medio por vehículo y por año. Aunque con respecto a los vehículos fabricados antes del 1980 se pueden fijar objetivos inferiores.

La Directiva 2005/64/CE relativa a la homologación de vehículos en lo que concierne a su aptitud para la reutilización, el reciclado y la valorización, y por la que se modifica la Directiva 70/156/CEE, facilita el reciclado y la valorización de los componentes de los VFUs al obligar a los fabricantes a integrar el reciclado en la fase de diseño de los vehículos. De este modo, los fabricantes deben diseñar los vehículos teniendo en cuenta el desmontaje y el reciclado, por ejemplo mediante el uso de una gran proporción de materiales que puedan reciclarse y valorizarse [32].

Esta Directiva es una continuación de otra, la 2000/53/CE, que busca eliminar los residuos que generan los VFUs, fomentando la reutilización, el reciclado y la valorización de sus componentes. Cada año, este tipo de residuos supone ocho a nueve millones de toneladas de residuos por lo que deben ser gestionados correctamente.

En virtud de la Directiva 2005/64/CE, sólo se pueden comercializar los vehículos si son reutilizables y/o reciclables en un mínimo del 85 % en masa, y reutilizables y/o valorizables en un mínimo del 95 % en masa. En la Directiva 2000/53/CE se estipulan los umbrales mínimos de reciclado y valorización para los componentes -nuevos o reutilizados- y los materiales de los vehículos nuevos. El control de los componentes y materiales se efectúa con arreglo a la norma ISO 22628:2002, elaborada por la Organización Internacional de Normalización.

La Directiva también prohíbe reutilizar determinados componentes, recogidos en una lista, en la fabricación de vehículos nuevos. Porque su reutilización presenta serios riesgos para la seguridad vial y la protección del medio ambiente. Por consiguiente, el objetivo consiste en garantizar que los componentes reutilizados sigan ofreciendo el mismo nivel de resultado que el exigido para obtener la homologación de tipo.

Las disposiciones de la esta Directiva se aplicarán a partir de diciembre de 2008 a los nuevos tipos de vehículos comercializados, y a partir de julio de 2010 en el caso de los modelos actualmente en producción.

Por último la Directiva 757439/CEE se aplica a todos los aceites industriales o lubricantes con base mineral que resulten inadecuados para el uso que se les había asignado inicialmente.





Los Estados miembros deben garantizar la recogida y eliminación de los aceites usados dando prioridad al tratamiento de los aceites usados por regeneración, es decir, el refinado.

Cuando no se aplique ese procedimiento, puede recurrirse a otros métodos: combustión, destrucción, almacenamiento o depósito. La Directiva establece las condiciones aplicables a cada caso. En concreto, permite que la recogida y la eliminación sean efectuadas por empresas.

Se prohíbe:

- el vertido en aguas subterráneas, aguas marítimas jurisdiccionales y en los sistemas de evacuación;
- el depósito o vertido con efectos nocivos en el suelo, así como el vertido incontrolado de residuos derivados del tratamiento de aceites usados;
- todo tratamiento que provoque una contaminación atmosférica superior al nivel establecido por las disposiciones vigentes.

La Directiva prohíbe la mezcla de los aceites usados con policlorobifenilos y policloroterfenilos (PCB y PCT), así como con residuos tóxicos peligrosos.

Todos estos objetivos no se verán cumplidos si todos los sectores implicados no se ponen manos a la obra, por ello la UE anima a los fabricantes de vehículos y componentes a:

- Invertir en nuevas tecnologías para conseguir materiales más reciclables;
- Identificar los materiales para una mejor clasificación, ganando eficacia en su reciclado;
- Fabricar vehículos más fácilmente desmontables para reutilizar un mayor número de piezas;
- Facilitar a las empresas desguazadoras los planos de desmontaje elevando así el porcentaje de recambios utilizados;

Por último, en cuanto a los fluidos refrigerantes la Comunidad Europea intenta adoptar medidas aún más restrictivas que las establecidas por el Protocolo de Montreal, redactando reglamentos que acortan los plazos de sustitución, como el Reglamento 3952/92, o el Reglamento 7409/94 de la UE, que imponen restricciones cuantitativas sobre las importaciones, exportaciones y consumo de CFCs y HCFCs, así como un calendario de limitación de producción para cada productor de la CEE. Dicho calendario es el siguiente:

- La producción de 1994 será menor que el 15% de la de 1986.
- Producción, comercialización y uso cesan el 31/12/1994.

- Calendario para la sustitución completa de los HCFCs a partir del año 2015.

En cumplimiento del objetivo del Protocolo de Kioto, la Directiva 2006/40 CEE pretende disminuir las emisiones de gases fluorados de efecto invernadero utilizados en los sistemas de aire acondicionado de los vehículos de motor. Dicha Directiva previene, así, los posibles obstáculos que podrían darse en el mercado interior como resultado del establecimiento de diferentes requisitos técnicos al respecto por parte de los Estados miembros.

La Directiva determina, por tanto, una prohibición progresiva de los sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados con un potencial de calentamiento atmosférico superior a 150.

Se prevé controlar la fuga de los sistemas de aire acondicionado diseñados para contener. Así, una medida transitoria prohíbe la instalación de dichos sistemas, a menos que su índice de fuga no supere los límites máximos tolerados. Esta medida se aplica a los nuevos tipos de vehículos a partir del 21 de junio de 2008 y, a los vehículos nuevos, a partir del 21 de junio de 2009.

Para un momento posterior, la Directiva prevé la prohibición total de los sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados con un potencial de calentamiento atmosférico superior a 150.

Esta prohibición afecta a los nuevos tipos de vehículos a partir del 1 de enero de 2011 y se aplica a todos los vehículos nuevos a partir del 1 de enero de 2017.

La Directiva contiene igualmente disposiciones relativas a la retroadaptación y recarga de los sistemas de aire acondicionado. Con efecto a partir del 1 de enero de 2011, los sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados de efecto invernadero con un potencial de calentamiento atmosférico superior a 150 no se retroadaptarán en los vehículos homologados a partir de esa fecha. Con efecto a partir del 1 de enero de 2017, dichos sistemas de aire acondicionado no serán retroadaptados en ningún vehículo.

Con estas medidas pretenden irse sustituyendo los gases por otros con menor potencial de calentamiento, que perduren durante menos tiempo en la atmósfera para así reducir el impacto medioambiental [23].

## 4. NUEVAS TECNOLOGÍAS

La primera crisis del petróleo en los años 70 supuso un importante toque de atención a la industria del automóvil, que sirvió para iniciar una profunda revisión de las tecnologías del vehículo y en especial del motor, para reducir pérdidas y fricciones internas y aumentar de forma significativa el rendimiento del motor y de las cadenas cinemáticas. Podemos situar en aquellos años el inicio del avance imparable del turbocompresor aplicado a los motores diesel que significó no solo un notable aumento de la potencia sino también una importante reducción del consumo. Un ejemplo contundente que ilustra estas mejoras es el Seat 600 consumía entre 7 y 8 litros a los 100Km para un viaje con cuatro personas a una velocidad de crucero de apenas 80 Km/h, hoy el mismo viaje lo realiza una berlina de lujo de 2000 Kg. de peso a 130 Km/h y con unas emisiones de escape mínimas.

Bajo otro punto de vista se puede decir que la evolución de la técnica de los motores térmicos convencionales, tanto de gasolina como diésel, está llegando a la asíntota del consumo mínimo, teniendo en cuenta que los requerimientos cada vez más exigentes de las emisiones de escape están haciendo que sea necesario sacrificar algunos puntos de rendimiento para conseguir las emisiones exigidas en la homologación.

Sin embargo, el nuevo reto para la industria del automóvil pasó a ser la emisión de CO<sub>2</sub>, para lo cual no queda más remedio que reducir el consumo de combustible, pues como bien sabemos la combustión completa de cualquier hidrocarburo produce CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, por ello la reducción de este gas solo se puede conseguir quemando menos combustible.

Ya en 2001 la Comisión Europea definió los objetivos para la reducción de la dependencia del petróleo, a través del uso de combustibles alternativos en el transporte por carretera. Los valores y plazos están contenidos en la siguiente Tabla 4.1:

Tabla 4.1 Uso de combustibles alternativos en la UE.

Combustible	Año			
	2005	2010	2015	2020
Biocombustibles	2%	6%	7%	8%
Gas Natural		2%	5%	10%
Hidrógeno			2%	5%
TOTAL	2%	8%	14%	3%



El año 2005 era el plazo fijado para la reducción del azufre en el combustible de transporte por carretera a un límite máximo de 50 ppm, que se convertirá en 10 ppm en 2009. Por la información de algunos Estados miembros, se ha cumplido este valor para 2005. La reducción del contenido de azufre en los combustibles tendrá un impacto muy importante en los gases de escape y permitirá la introducción de sistemas de postratamiento más sofisticados.

El objetivo de conseguir sustituir casi una cuarta parte del petróleo en 2020 es sin duda muy ambicioso, porque a fecha de hoy la realidad del uso de cualquiera de estos combustibles está muy por debajo de los objetivos marcados. En cualquier caso es importante ver que existe un plan de actuación y unos objetivos, independientemente de las dificultades con las que la industria del motor, las empresas energéticas y la propia administración de cada país se encuentren a la hora de intentar poner en práctica el plan previsto.

La otra gran tendencia actual es la electricidad. El primer automóvil eléctrico de la época moderna fue el EV-1 (Electric Vehicle) de General Motors Company. Este carro lanzado en 1993, como una prueba de mercado, fue retirado cerca de una década después.

Los mayores problemas que confrontan los automóviles eléctricos son su reducida autonomía, por el peso de sus pilas recargables y la transferencia del uso de combustibles tradicionales.

Si bien los ecologistas aplauden el uso de la electricidad como fuente de energía, cuestionan la forma en que se desechan las pilas cuando han llegado al fin de su vida útil.

Las celdas solares, como fuente de energía para el transporte, no son prácticas porque se requiere una amplia superficie de exposición a la luz solar para mover un vehículo de poco peso. Por tal razón, por sí solas, únicamente han sido utilizadas en carreras experimentales y procesos de aprendizaje en la ingeniería automotriz.

Dentro de aproximadamente 20 años se espera la llegada comercial de los vehículos a base de hidrógeno. Entre los pioneros están BMW con apoyo de la petrolera Shell. A nivel de experimento ya hay varios vehículos de gas funcionando en la actualidad.

En estos autos el hidrógeno se quema como si fuera gasolina, pero a diferencia de ella, la combustión provocada por la mezcla de aire provoca el movimiento necesario por las bielas y el gas de escape resulta ser agua. En este estrato, los carros no provocan ningún tipo de gases contaminantes.

El problema de esta tecnología estriba en la generación y manejo del hidrógeno. El proceso de separación de este elemento es teóricamente sencillo en un laboratorio, pero en la práctica requiere de instrumentos que lo mantengan a -253° Celsius.

Pequeñas partes de hidrógeno puro expuestas a la temperatura ambiente no presentan mayor riesgo de explosión. El problema radica cuando hay una cantidad grande, porque este

gas es potencialmente peligroso cuando se almacena para distribución y transporte masivos, mientras en un carro normal el riesgo es la gasolina, a cuyo manejo ya se acostumbró el conductor y las industrias actuales.

Cuando se trata de distribución, el hidrógeno requiere estaciones computarizadas con sistemas de seguridad que eviten su contacto con el ambiente. Toda esa compleja logística requiere de la participación de gobiernos, compañías automovilísticas, petroleras con sistemas de distribución, especialistas en el manejo de gases y, sobre todo, del concurso del público en general [33].

### **4.1. COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS**

Los combustibles alternativos son aquellos que pueden reemplazar parcial o totalmente a los combustibles convencionales y que ofrecen un beneficio potencial sobre las emisiones locales y de efecto invernadero. Aunque algunos de los combustibles alternativos se pueden utilizar en el interior de un motor convencional sin cambios significativos, su utilización ofrece mayor potencial en la reducción de las emisiones contaminantes si se emplean en los nuevos sistemas de propulsión.

Como la era de los dinosaurios, la de los combustibles fósiles tiene sus días contados y la industria automotriz trabaja arduamente para desarrollar sustitutos. Desde la década de los 70 esta industria cambió sus enfoques sobre los combustibles. El alza del precio del petróleo en aquella época, en primera instancia, y el énfasis en la preservación del medio ambiente, en segunda, fueron detonantes para orientarla hacia la búsqueda de combustibles alternativos [34].

El petróleo está cada día más caro y a las reservas conocidas se les empieza a ver el fondo; por otra parte estamos asistiendo a la irrupción casi violenta de dos nuevos y grandes consumidores: China e India que, con todo su derecho al desarrollo doméstico del transporte privado, están añadiendo importantes tensiones al mercado petrolífero.

Se sabe que las reservas de petróleo no son infinitas, y las previsiones a que con el ritmo actual quedaría crudo para 3 ó 4 décadas, está claro que vale la pena estudiar cualquier combustible que no sea derivado del petróleo.

A pesar de la existencia de muchos tipos de biocombustibles, de momento sólo el biodiesel y el bioetanol juegan un papel importante en el mercado de la UE. Gracias a los incentivos gubernamentales para los biocombustibles, su producción ha aumentado fuertemente desde 1998. La producción en 2004 equivale al 0,7% del total de combustibles consumidos por el transporte por carretera. En este año, Alemania fue líder en la producción de biodiesel (54% de la producción), mientras que España fue el principal productor de bioetanol (66%).



Se presentan a continuación las alternativas por orden cronológico de utilización en los últimos tiempos de combustibles alternativos.

### 4.1.1. BIOETANOL

El bioetanol es un combustible de origen vegetal que se utiliza desde los inicios del motor de explosión en 1826, pero no ha sido empleado como carburante de forma significativa hasta los años 70, cuando Brasil lanzó su programa de producción y uso para reducir su dependencia energética.

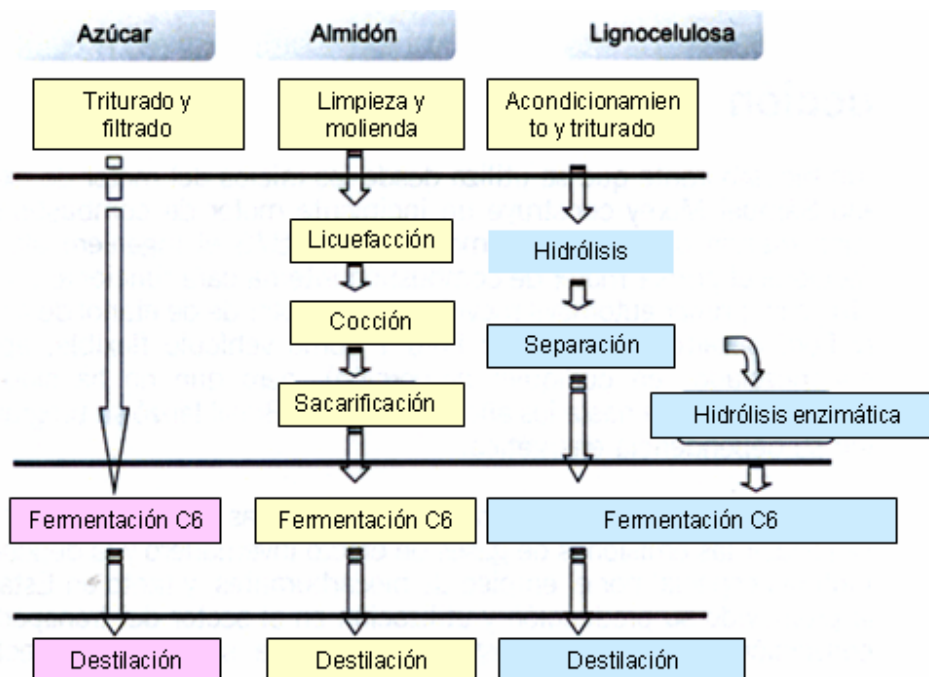
Sin embargo su empleo no se ha generalizado en otras áreas hasta que, ya en el siglo XXI, la preocupación por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia energética ha generado un interés especial por el empleo de biocarburantes y se ha promovido su producción y utilización en el sector del transporte, inicialmente a través de su conversión en ETBE (etil terbutil éter), y posteriormente para su empleo directo mezclado con carburantes fósiles.

El bioetanol es un compuesto denominado alcohol etílico, cuya fórmula molecular es  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , que puede utilizarse como combustible directamente, mezclado con la gasolina en diversas proporciones o tras su conversión en ETBE. En definitiva, es alcohol combustible obtenido de plantas, residuos o biomasa que se renuevan constantemente como parte de transformación del Ciclo de Carbono.

Los procesos de fabricación actuales vienen definidos por la materia prima, que puede ser azucarada, amilácea o lignocelulósica.

Tal y como se muestra en la Figura 4.1 en los dos primeros casos el proceso es bastante sencillo y consta fundamentalmente de un proceso de fermentación y su posterior destilación para concentrar la mezcla.

Figura 4.1 Procesos de fabricación de Bioetanol.



En cultivos lignocelulósicos puede obtenerse el bioetanol por dos vías, la termoquímica y la bioquímica. En la primera se transforma la biomasa en un gas de síntesis que tras ser depurado es convertido en una mezcla de alcoholes a través de un proceso catalítico, pero esta tecnología aún está en desarrollo. Y en la segunda es necesario un proceso previo que transforme la materia prima en compuestos fermentables, por lo que debe llevarse a cabo un proceso de hidrólisis.

Uno de los carburantes con alto contenido de etanol más habituales es el E85 (85% etanol, 15% gasolina), con numerosos fabricantes de vehículos comercializando los denominados automóviles flexibles (FFV), que admiten mezclas con porcentajes de etanol entre el 0 y el 85%, y que adaptan automáticamente sus modos de funcionamiento para optimizar el comportamiento del motor con la mezcla empleada en cada momento.

El E85 es sin duda el que mejores condiciones ofrece para su uso por la flexibilidad que permite su utilización conjuntamente con la gasolina, mezclándose en un depósito único. Además es un combustible líquido, fácil de almacenar, no huele mal, no se evapora, es estable y no se degrada. Únicamente tiene avidez por el agua y es más corrosivo que la gasolina por lo que se debe disponer de componentes inoxidables en la instalación. Y por otro lado las medidas de seguridad para el control, manipulación y almacenamiento en estaciones de servicio de este combustible son similares a las de la gasolina.

Es importante hacer la comparación entre gasolina y etanol, ya que no sólo es necesario analizar la relación entre la energía contenida y la energía fósil consumida en su producción y distribución, sino que además hay que compararla con el producto al que sustituye.



El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) ha desarrollado un ciclo de vida riguroso para el bioetanol, y de el se puede extraer las siguientes conclusiones:

- La energía fósil empleada en la producción y distribución es:
  - E85: 1,778 MJ/Km
  - Gasolina 95: 2,778 MJ/Km
- La relación de energía en el carburante/energía fósil consumida en su producción es:
  - Etanol puro: 1,49 MJ combustible/MJ energía
  - Gasolina 95: 0,848 MJ combustible/MJ energía
- Los ahorros en emisiones de CO<sub>2</sub> son:
  - E85: 144 g CO<sub>2</sub>/Km

Por tanto el beneficio asociado al bioetanol no se centra sólo en el hecho de que el consumo de energía fósil en su producción es menor que el contenido en el carburante, sino que sin etanol el consumo de gasolina sería mucho mayor. De hecho por cada MJ de etanol dejan de consumirse 28 MJ de petróleo, así no sólo mejoramos ambientalmente el sector transporte sino que se incrementan en 28 veces las reservas de petróleo.

Aunque los criterios que se emplean para evaluar el ahorro son discutibles y es difícil asegurar su valor correcto, cada vez más análisis entre los que se publican asocian al bioetanol importantes ahorros en energía y en emisiones.

Por otra parte el potencial de las nuevas tecnologías para producir bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica permitirá potenciar aún más a los biocarburantes como una importante herramienta para mejorar el comportamiento ambiental del sector transporte. La creación de un mercado para el bioetanol, actualmente en sus inicios, es clave para la evolución de esta tecnología.

Se adjunta la Tabla 4.2 publicada por A.Farrell que refleja los resultados de un análisis en el que se evalúa el consumo de energía fósil y la reducción de emisiones de GHG para la producción de etanol a partir de cereal y a partir de biomasa.



Tabla 4.2 Consumo de energía fósil para la producción de etanol.

	MJfósil/MJ carburante	MJcarburante/MJ fósil	MJpetróleo/MJ carburante	gCO <sub>2</sub> /MJ carburante
Gasolina	1.19	0.84	1.10	94
Etanol	0.774	1.30	0.04	77
Biomasa	0.10	10.0	0.08	11

Ambos modos de producción muestran beneficios frente a la gasolina. A este hecho hay que añadir que en la producción de bioetanol se genera CO<sub>2</sub> casi puro procedente de biomasa, al que puede darse un uso alternativo con potencial adicional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero muy elevado.

### 4.1.2. GAS NATURAL

Los objetivos europeos de diversificación energética, especialmente en el transporte, para lograr una menor dependencia del petróleo, hacen que el desarrollo de aplicaciones de los nuevos carburantes adquiera un carácter mucho más prioritario.

Entre los carburantes alternativos a los de origen petrolífero destaca el gas natural por reunir dos características, entre otras, que son beneficiosas para el medio ambiente:

- Es un combustible limpio. Con mínimas emisiones de escape, actualmente cercanas a cero, y menores emisiones sonoras que las producidas por la combustión del gasóleo.
- Es un combustible renovable. Su componente fundamental, el metano, tiene origen fósil independiente de los yacimientos de petróleo, y procede de la biomasa, de vertederos y otros procesos naturales.

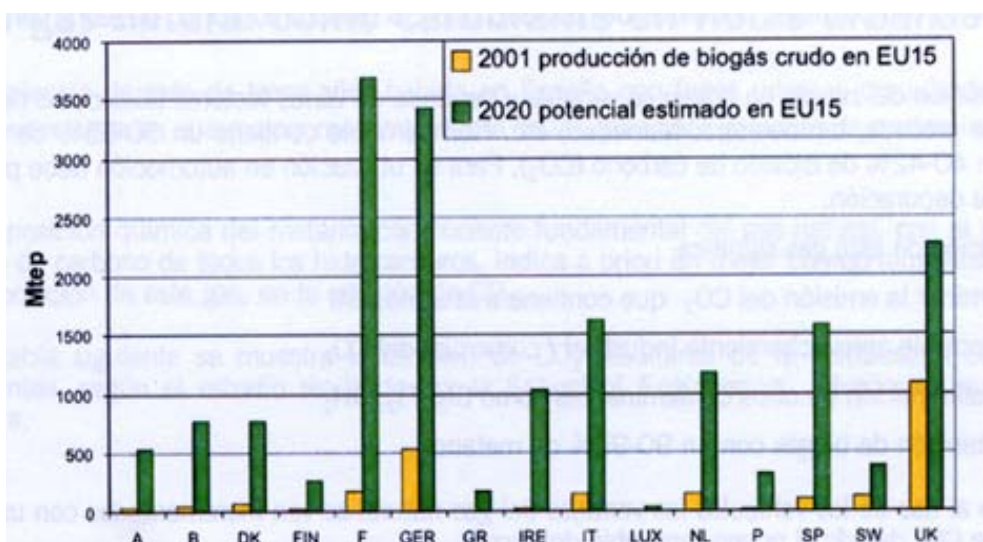
Este combustible se ha utilizado en España desde hace quince años para flotas urbanas de transporte público, con autorización del Ministerio ya que entonces no era un combustible para automoción. Pero desde la promulgación de la Ley 22/2005 ya es un carburante y por tanto es de prever un desarrollo adicional a nivel de sus aplicaciones para el transporte, de los países de su entorno.

El reto ahora es continuar con el desarrollo del mercado de vehículos pesado y abrir las aplicaciones a vehículos ligeros y medios por el gran avance que supondría en el nivel de emisiones en ciudades con el tráfico originado con la distribución de mercancías.

Además se requiere relativamente poca energía de compresión para convertir su estado natural licuado (GNL) a gas comprimido (GNC). Por lo que indeterminados emplazamientos puede disponerse en la misma estación de llenado de ambos GNL y GNC, para el abastecimiento.

Debido a su origen orgánico en algunos países ya se emplea el biogás purificado (biometano) como combustible de vehículos industriales y de turismo. Pero tanto el gas natural como el biometano son carburantes en expansión con tasa elevadas de incremento de utilización tal y como se muestra en la Figura 4.2, pero es sin duda el biometano el que presenta un mayor potencial tanto por ser renovable como por la previsión de producción de la UE que lo incluye como parte del enfoque de la política energética europea.

Figura 4.2 Potencial de producción de biogás en Europa.



Se prevé que para el 2020 la UE alcance una producción de biogás de 40TWh, lo que cubrirá un 8% de las necesidades del transporte comunitario.

La composición del biogás en origen es variable y depende de varios factores tales como deshechos de los que procede, temperatura, humedad, etc. Normalmente contiene un 50% de metano y un 42% de CO<sub>2</sub>. Para su utilización en automoción debe pasar un proceso de depuración. Esto significa:

- eliminar la emisión del CO<sub>2</sub> que contiene a la atmósfera
- el posible aprovechamiento del CO<sub>2</sub>
- la eliminación de otros contaminantes como Cl<sub>2</sub>, FI<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>
- obtención de biogás con un 90/95% de metano.

La experiencia de más de 13 años en España con flotas urbanas propulsadas por gas se resume en una mejora muy importante de las emisiones contaminantes y del ruido. En la



Tabla 4.3 se muestra la emisión de CO<sub>2</sub> resultante de la combustión de diversos carburantes, según el estudio realizado por la School of Engineering de Murdoch University de Australia.

Tabla 4.3 Emisiones específicas de CO<sub>2</sub> de diversos carburantes.

CARBURANTE	EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> (g/MJ)
Gas Natural Comprimido	51,3
Gas Natural Licuado	60,2
Gasolina	65,8
Gasóleo	65,8
Metanol	60,8
Etanol	64,3
Biodiesel	85

De acuerdo con la Tabla 4.3, el contenido mínimo de carbono proporciona la emisión mínima de anhídrido carbónico por unidad energética, tanto en los hidrocarburos como en los alcoholes y el éster del biodiesel. Por ello, a igualdad de rendimiento de combustión, el gas natural es a priori el mejor carburante desde el punto de vista de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Además los motores de gas natural funcionan según el ciclo Otto, es decir, encendido provocado de la mezcla aire-combustible. La mayor relación de compresión respecto a los motores de ciclo Diesel hace que la emisión de ruido sea menor.

También es un combustible limpio en lo que respecta a las emisiones de otros contaminantes. Si comparamos sus emisiones respecto del Diesel:

- Los hidrocarburos (HC) emitidos por un GNC no contienen HC aromáticos, tienen poco contenido de promotores de ozono y presentan una reducción de aldehídos.
- Las emisiones de partículas son en número de 3 o 4 órdenes de magnitud inferior.
- Las emisiones de GHG son más bajas.

Por tanto el empleo de gas natural significa continuar ofreciendo a la ciudad menores niveles de contaminación y CO<sub>2</sub>. En definitiva contribuir a una mejor salud y una mayor calidad de vida. Y de las posibles alternativas al gasóleo se considera ésta como la óptima por las siguientes razones:

- Nivel de emisiones de escape casi cero.
- Disponibilidad de combustible.

- Vehículo similar al diésel y de coste aceptable.
- Manipulación de combustible análoga a la del gasóleo.
- Disponibilidad del vehículo en cuanto a tecnología.
- Fácil conducción, explotación y mantenimiento del vehículo.

### 4.1.3. BIODIÉSEL

Es un biocarburante líquido obtenido a partir de aceites vegetales, obtenidos del girasol, soja, colza, palma, etc, que se presenta como una alternativa más que razonable a los gasóleos convencionales. A diferencia del gasóleo actual, el biodiésel permite reducir de manera significativa las emisiones de CO<sub>2</sub>. En cambio en su contra se haya que los vehículos que lo utilizan aumentan su consumo, así como que se produce una pequeña pérdida de potencia. Puede usarse en su forma pura o mezclado en cualquier proporción con diésel regular para su uso en motores de ignición a compresión [35].

El biodiésel es un éster alquílico graso de cadenas largas procedente de compuestos lipídicos renovables, generalmente aceites de semillas vegetales.

Para obtener este producto se utiliza como materia prima aceite vegetal obtenido de diferentes plantas oleaginosas aunque existe la posibilidad de obtener biodiésel partiendo de otras fuentes renovables como las grasas animales, los aceites de pescado e incluso aceites de microalgas, pero estas posibilidades a día de hoy no se encuentran disponibles a escala industrial.

Los aceites procedentes de plantas generalmente contienen ácidos grasos, fosfolípidos, esteroides y otras impurezas. Por eso no se recomienda utilizarlos directamente como combustibles. Para superar este problema el aceite necesita modificarse químicamente, principalmente mediante transesterificación para obtener como producto el biodiésel.

Previamente a la obtención de FAME (éster metílico de ácido graso) se ha de realizar la extracción del aceite de la semilla y refinar el aceite crudo extraído. La extracción se realiza mediante prensado donde se obtiene una parte de aceite y una harina rica en aceite. El aceite de la harina se extrae por medios químicos, disolución con hexano. El aceite crudo obtenido se somete a un proceso de refinado químico en el que se eliminan gomas, ceras y ácidos grasos. Los ácidos grasos se regeneran en aceite crudo mediante un proceso de esterificación, que incrementa el rendimiento final. El aceite obtenido se denomina aceite refinado y es la base para la producción de FAME.

Existe una serie de propiedades físico-químicas que el FAME debe cumplir para poder ser utilizado en automoción. Dichas normas quedan recogidas en una norma europea denominada EN 14214. Esta norma recoge aquellas propiedades que se consideran críticas

para asegurar un correcto funcionamiento de los motores en caso de utilizar el biodiesel como componente del combustible.

En la Tabla 4.4 se presenta una comparativa de algunas propiedades características del biodiesel y del gasóleo. Si bien el gasóleo y el biodiesel no son el mismo producto resulta claro que sus propiedades son muy similares. Como se puede ver la especificación de biodiesel no contempla algunos aspectos importantes que sí están incluidos en la norma del gasóleo como son la lubricidad y la cantidad de hidrocarburos policíclicos aromáticos. La razón es que la lubricidad del biodiesel es muy superior y que no cabe esperar la presencia de hidrocarburos debido a que la materia prima de partida, el aceite vegetal, no los contiene.

Tabla 4.4 Comparativa de propiedades entre gasóleo y biodiesel.

Propiedad	Und.	Gasóleo A	Biodiesel
Densidad a 15°C	Kg/m <sup>3</sup>	830	880
Contenido de azufre	mg/Kg	50	10
Viscosidad cinemática a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	4	4,5
Punto de inflamación	°C	55	120
Punto de obstrucción	°C	-10	-10
Invierno			
Verano		0	0
Contenido en agua	mg/Kg	200	50
Partículas sólidas	mg/Kg	24	24
Contenido de cenizas	%m/m	0,01	0,02

En la actualidad el uso del biodiesel en automoción se concibe en forma de mezclas con gasóleo. De esta manera la especificación europea para gasóleo de automoción recoge la posibilidad de incluir hasta un 5% en volumen de biodiesel, es decir, los fabricantes deben garantizar que sus motorizaciones son totalmente compatibles con el uso de este combustible.

La mezcla de biodiesel y gasóleo es una operación que debe realizarse bajo estrictos controles de calidad del producto final, dado que algunas propiedades pueden verse afectadas de forma significativa. La estabilidad de ambos combustibles y de su mezcla final son propiedades críticas para garantizar la ausencia de incidencias en el mercado.

Puesto que las características de ambos combustibles son semejantes se puede emplear el biodiesel en motores de encendido por compresión (MEC). Pero dado que los motores diésel actualmente presentes en el mercado han sido diseñados para gasóleo, la mezcla suele registrar un comportamiento más adaptado a los requerimientos de éstos que el biodiesel puro. El biodiesel tiene un poder calorífico inferior. De modo que a las prestaciones del

motor. En cuanto al régimen de giro un motor diésel para producir el mismo par necesita un volumen mayor de combustible. Y en cuanto al rendimiento termodinámico efectivo de un motor, que es indicativo del aprovechamiento de energía, no se produce una variación significativa ya que la variación de rendimiento es muy limitada en todos los casos y no se produce una tendencia a favor de ninguno de los dos.

Por último en cuanto a las emisiones de gases se reducen las emisiones de CO y de HC si se comparan con las registradas en el uso de gasóleo, al contrario se dan ligeros incrementos de los óxidos de nitrógeno cuando se emplea biodiésel. Pero también se produce un descenso de las emisiones de partículas gracias al contenido de oxígeno de las moléculas de biodiésel y a la ausencia de azufre y de compuestos aromáticos [36].

### **4.1.4. GTL, CTL Y BTL**

GTL (gas to liquids), es un proceso químico que transforma gas natural en productos líquidos a temperatura ambiente. La denominación GTL también se utiliza para los productos obtenidos por el proceso anterior.

Por otro lado, existen dos procesos muy similares al GTL que toman su nombre por analogía a éste: el proceso CTL (coal to liquids), que emplea carbón; y el proceso BTL (biomass to liquid), que emplea biomasa. Los productos de estos tres procesos son fundamentalmente los mismos y por eso se les denomina XTL, sin distinguir la materia prima utilizada. Aunque de las tres opciones la que presenta más interés desde el punto de vista de aplicación, por el carácter renovable del producto es el BTL. Sin embargo los otros dos procesos están más desarrollados por razones de índole económica y de disponibilidad de reservas.

El GTL compite especialmente con el GNL al apuntar al mismo tipo de reservas. Si los comparamos en detalle se obtienen las siguientes conclusiones:

- El GTL presenta mayor riesgo tecnológico.
- Ambos procesos requieren un nivel de inversión del mismo orden de magnitud y muy elevado, 1.000 millones de \$.
- El GTL presenta menor eficiencia energética.
- Diversificación de mercados: el GTL permite diversificar riesgos, ya que este producto no va al mercado del gas sino al de productos petrolíferos.
- Flexibilidad: el mercado del GNL por las características del producto (necesidad de terminales especiales, no puede almacenarse de forma prolongada, etc.) se basa en contratos a largo plazo, mientras el GTL se puede almacenar y se dirige a un mercado spot.



- La rentabilidad económica de un producto GTL es sensible a la diferencia entre el precio del crudo y del gas, por tanto se favorece un proyecto GTL frente al uno de GNL.

Todos los procesos XTL constan de dos etapas principales: la transformación de la materia prima en gas de síntesis, y la conversión del gas de síntesis en los productos líquidos finales.

La primera etapa puede realizarse mediante tres procesos con diferentes tecnologías. Mediante un proceso catalítico endotérmico con vapor de agua (SMR), mediante un proceso exotérmico que utiliza oxígeno para la oxidación parcial (POX) o mediante un proceso autotérmico que combina los dos anteriores (ATR).

Y la segunda etapa, que es independiente de la materia prima utilizada, puede realizarse mediante la síntesis de Fischer-Tropsch (FT), que es la opción considerada actualmente, incluso en la práctica FT es sinónimo de GTL; mediante la síntesis de metanol o mediante el dimetiléter (DME) que está recibiendo un creciente interés por ser la opción que presenta mejor eficiencia energética.

A continuación en la Tabla 4.5 se presentan las principales características de los productos XTL:

Tabla 4.5 Ventajas e inconvenientes de los XTL.

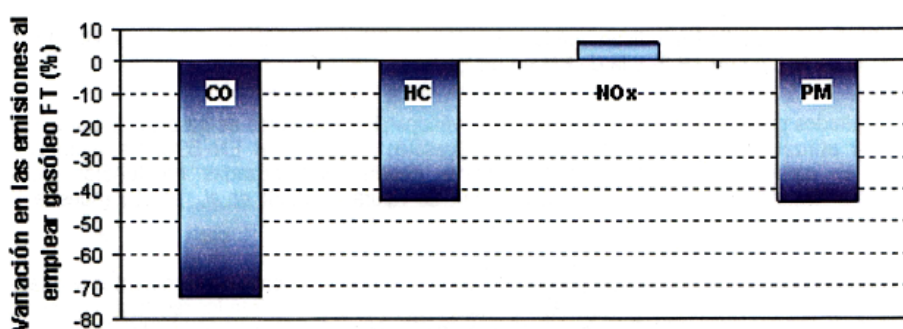
	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Todos	Facilidad de transporte	Inversión(>500M€)
Productos FT	Buen comportamiento ambiental Misma logística y motor Alta calidad	Escasa experiencia industrial
Metanol	Alto octano Utilizable en pilas de combustible Materia prima FAME	Alta toxicidad Incompatible con elastómeros Mercado actual limitado Densidad energética
DME	Eficiencia energética Emisiones bajas Manejo sencillo	Densidad energética Alta presión Sistema de inyección complejo

Desde el punto de vista comercial el FT es el más importante, se caracteriza por su elevado número de etano, por la ausencia de compuestos aromáticos y de azufre y por su baja densidad. Dichas características lo hacen adecuado para su empleo en MEC. Aplicación que se puede realizar como producto puro o en mezclas con gasóleo.

El FT presenta un poder calorífico volumétrico sensiblemente menor que el gasóleo, por lo que cabe esperar un aumento del consumo. Además hay que destacar que el FT presenta unos valores de lubricidad menores lo que podría conducir a un problema de desgaste, pero es posible adecuar su lubricidad mediante el uso de aditivos.

En el campo de las emisiones es donde el FT muestra todo su potencial. La Figura 4.3 muestra un ejemplo del efecto de uso de gasóleo FT en vehículos ligeros. Las columnas muestran el porcentaje de cambio respecto a un gasóleo normal, resulta evidente que la combustión del FT es más completa por lo que se rebajan sustancialmente sus emisiones. No obstante se produce un ligero incremento de las emisiones de NOX.

Figura 4.3 Diferencia de emisiones reguladas de un vehículo Euro 4 con gasóleo.



El factor crítico que limita la generación de GTL es su coste, muy elevado. Los aspectos químicos del proceso se conocen desde hace casi un siglo. La dificultad reside en llevarlo a cabo de forma económicamente competitiva, lo que ha impulsado el desarrollo de nuevas opciones tecnológicas. Si la materia prima fuese carbón o biomasa los costes de producción se disparan, principalmente por el elevado coste de gasificación. Por este motivo, se visualiza que estas opciones se desarrollen más a largo plazo [37].

### 4.1.5. HIDRÓGENO

Las preocupaciones sobre el cambio climático global y la degradación medioambiental resultante del uso de combustibles fósiles como fuente de energía, junto con las inquietudes sobre la seguridad en el suministro energético, han llevado a muchos analistas a proponer al hidrógeno como portador universal de energía para el futuro. El uso de hidrógeno como vector energético permite el desarrollo de un amplio número de tecnologías. En concreto, las pilas de combustible alimentadas con hidrógeno pueden alcanzar eficiencias elevadas y presentan una gran variedad de posibles aplicaciones. En el caso de que las líneas de desarrollo actuales lleguen a buen término, el hidrógeno y las pilas de combustible podrán contribuir de forma sustancial a alcanzar los objetivos clave de las políticas energéticas, especialmente en el sector transporte. Los resultados alcanzados en los últimos años en los programas de investigación, desarrollo y demostración han incrementado el interés internacional sobre estas tecnologías, de las que se piensa que tienen el potencial de crear





un cambio de paradigma energético, tanto en las aplicaciones de transporte como en las de generación distribuida de potencia.

A largo plazo, la incorporación del hidrógeno como nuevo vector energético, ofrece un escenario en el que se podrá producir hidrógeno a partir de agua, con electricidad y calor de origen renovable, y será posible su utilización para atender a todo tipo de demandas. Las únicas emisiones que llevaría asociada la utilización del hidrógeno renovable serían óxidos de nitrógeno que se producirían en procesos de combustión. Sin embargo, su uso en pilas de combustible llevaría a emisiones nulas. Si la fuente del hidrógeno es el gas natural o el carbón, entonces será esencial la captura y almacenamiento del CO<sub>2</sub> para lograr ahorros en emisiones, pero, en cualquier caso, los vehículos propulsados por pilas de combustible alimentadas con hidrógeno siempre reducirán las emisiones locales, dado que en el uso final el único efluente es vapor de agua.

La visión de este sistema económico-energético del H<sub>2</sub>, se basa en la experiencia de que el hidrógeno pueda producirse a partir de recursos domésticos, de forma económica y medioambientalmente aceptable y en que las tecnologías de uso final, es decir, las pilas ganen una cuota de mercado significativa. Una economía del hidrógeno beneficiará al mundo proporcionando una mayor seguridad energética porque se diversificarán las fuentes energéticas, y una mayor calidad medioambiental porque se reducirán significativamente las emisiones locales y globales. Así mismo, con el hidrógeno se potenciará el uso de las fuentes renovables de energía. Sin embargo, alcanzar este objetivo requiere superar desafíos técnicos, sociales y políticos.

De las muy diversas opciones tecnológicas, la posibilidad de disponer de vehículos propulsados por hidrógeno con pilas de combustible es la que se encuentra más alejada en el tiempo, aunque es la que ha traído un interés sin precedentes y unos grandes volúmenes de inversión en investigación. Indudablemente, la posibilidad de reemplazar al petróleo y sus derivados en el transporte, es lo que ofrece mayores garantías para la seguridad del suministro y la reducción de las emisiones.

El hidrógeno es el elemento más ligero que existe. Se presenta en forma estable en moléculas biatómicas, y en condiciones atmosféricas es un gas incoloro, inodoro y no es tóxico. Y aunque es el elemento más abundante en el universo, en nuestro planeta no se encuentra en estado libre sino formando compuestos orgánicos unido al carbono o al oxígeno. Por tanto, es necesario producirlo. Para ello hay que separarlo de los compuestos de los que forma parte, aportando energía para que tenga lugar este proceso y dicha energía debe proceder a su vez de alguna de las fuentes primarias: fósil, renovable o nuclear.

El hidrógeno puede obtenerse a partir de múltiples materias primas, siguiendo toda una variedad de tecnologías de proceso (química, electrolítica, biológica, fotolítica o termoquímica), en las que se puede utilizar diversas fuentes de energía primaria. Cada tecnología se encuentra en un grado de desarrollo y cada una ofrece oportunidades únicas,

beneficios y desafíos. Su elección dependerá del recurso, de la madurez de la tecnología de proceso, del tipo de demanda y de los costes de obtención.

El hidrógeno se puede producir a partir de la mayor parte de los combustibles fósiles pero, dado que en estos procesos se produce CO<sub>2</sub>, éste debe ser recogido como subproducto para asegurar una producción sostenible. A día de hoy, la fuente principal de producción de hidrógeno industrial es el gas natural y el método más barato el SMR. Otro método de producción de hidrógenos a partir de combustibles fósiles es por gasificación de carbón, tecnología madura aunque el proceso es más complicado que el de gas natural y más costoso.

También se puede conseguir la separación de la molécula de agua para obtener hidrógeno siguiendo diversos procesos: electrólisis, fotoelectrólisis, fotocátalisis y descomposición mediante ciclos térmicos.

La electrolisis es un proceso bien conocido, además la participación de la electricidad en el proceso ofrece como ventaja la posibilidad de utilizar cualquier fuente primaria de energía. El principal inconveniente es que debido a la estabilidad de la molécula de agua el aporte de energía para la separación es muy elevado. Por ello se opera a altas presiones y bajas temperaturas pues resulta más eficiente.

En la fotoelectrólisis se utilizan sistemas de energía fotovoltaica cuya tecnología es conocida y está disponible actualmente. Ofrece la ventaja de suministrar electricidad y un combustible, con la flexibilidad que supone utilizar el hidrógeno como almacenamiento de la electricidad producida pero no demandada por la carga.

El uso directo de energía térmica tiene la ventaja de que se evita una buena parte del consumo de electricidad. Por la inviabilidad de trabajar a temperaturas superiores a 2500 °C, se recurre a técnicas como la de ciclos termoquímicos cerrados en los que se obtiene el hidrógeno del agua y los reactivos se recuperan y reciclan. Y como fuente de energía se utiliza la solar o la nuclear.

Por último la biomasa como materia prima de obtención de hidrógeno es un recurso renovable y sostenible, siempre que su consumo no sea mayor que la capacidad de regeneración natural. Se obtiene el hidrógeno a partir de un gran número de procesos de tipo biológico y termoquímico. Los biológicos son más lentos y costosos y en el futuro pueden llegar a ser sistemas de producción descentralizados, mientras que la producción centralizada se basará en los termoquímicos, entre los que destacan la gasificación y la pirólisis.

En la Tabla 4.6 se muestran a modo de resumen las características de las técnicas de producción de hidrógeno anteriormente mencionadas.

Tabla 4.6 Resumen de características de las técnicas de producción de H<sub>2</sub>.

Proceso	Eficiencia (%)	Disponibilidad	C/D	Emisiones CO <sub>2</sub> (g/kWh)	Precio (€/kWh H <sub>2</sub> )
Gas natural	60-70	Ya disponible	Ambas	280	0.07-0.1
Gasificación carbón	50	Ya disponible	Centralizada	500	0.07
Gasificación biomasa	56	Medio plazo	Descentralizada	0	0.07
Electrólisis (eólica)	65-70	Corto plazo	Ambas	0	0.14
Electrólisis (red eléctrica)	30	Ya disponible	Descentralizada	440	0.2
Ciclos Termoquímicos (E.Solar)	30	Largo plazo	Centralizada	0	0.18
Ciclos Termoquímicos (E.Nuclear)	38	Largo plazo	Centralizada	0	0.06

Con carácter general puede afirmarse que no es caro producir hidrógeno en una gran planta centralizada, sin embargo, debido a su baja densidad energética por unidad de volumen, los costes de almacenamiento y de transporte sí resultan elevados. La dificultad de almacenamiento es tal que su uso en algunas aplicaciones, como las móviles, queda limitado hasta el momento en que se desarrollen y comercialicen sistemas de almacenamiento convenientes en términos de peso, volumen y costes.

Las opciones existentes hoy en día como sistemas de almacenamiento de hidrógeno a bordo de vehículos a pila de combustible, no cumplen los requisitos de actuaciones y de costes. Todavía es necesario realizar un gran esfuerzo de investigación y desarrollo para alcanzar los objetivos. En la actualidad el almacenamiento gaseoso en botellas de fibra de carbono a 350-700 bar y el almacenamiento criogénico son opciones disponibles comercialmente aunque costosas.

En comparación con estas opciones, el almacenamiento sólido tiene el potencial de almacenar una cantidad equivalente de hidrógeno en menor volumen y a menores presiones

y consumiendo menor energía. Sin embargo se encuentran en estado inicial de desarrollo. Aunque es pronto para identificar cual es la mejor opción, los hidruros metálicos son los más desarrollados y pueden llegar a alcanzar un 8% en peso ( $90 \text{ Kg}/m^3$ ) a presiones entre 10 y 60 bar. Sin embargo existen otros materiales en investigación que pueden ser más atractivos a largo plazo.

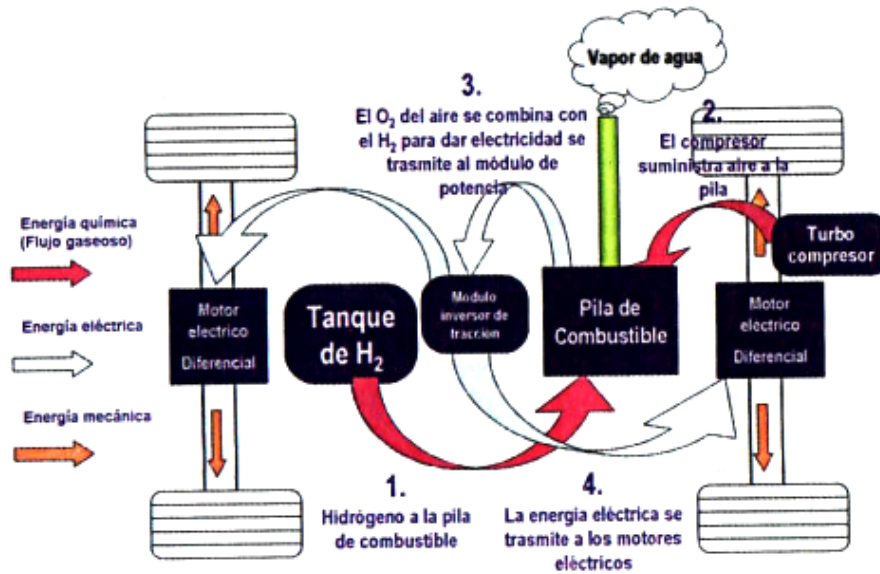
Es importante mencionar que el tipo de almacenamiento que lleven los vehículos condiciona la infraestructura de producción, distribución y llenado que deba establecerse, por tanto resulta especialmente crítica la identificación de la tecnología para el sistema de almacenamiento.

Mientras que el hidrógeno puede suministrar del orden del triple de energía por unidad de peso que la gasolina, el volumen que ocupa, en estado líquido es 10 veces mayor, y muchas veces más si está en estado gaseoso comprimido. El depósito por tanto debe ser mayor para una autonomía semejante. El objetivo actual es poder llegar a una autonomía de 600 Km lo que en un turismo equivale a entre 6 y 20 Kg de H<sub>2</sub> estimando como objetivo un consumo de 1 a 1,7 Kg de hidrógeno para cada 100 Km, pudiendo repostar  $1 m^2 kg$  en un minuto a coste del orden de los 10 € el kWh. Para ello faltan aún por resolver problemas de adsorción/desorción, peso y densidad, sensores de fugas, procesos de licuefacción y el uso de materiales como la fragilidad y diseño. Por ello existen importantes problemas cuando se trata de aplicar el hidrógeno en un vehículo:

- Baja densidad, supone un mayor volumen de tanque.
- Problemas de seguridad. En estado líquido se controlan mejor los riesgos, pero en estado gaseoso en caso de colisión el gas se dispersa rápidamente y en caso de incendio la llama es totalmente vertical y estrecha.
- Cuando se acumula en forma líquida en algunos vehículos debe existir una ligera fuga que genera riesgos en garajes y locales cerrados.

En la Figura 4.4 se muestra un esquema de los componentes de un vehículo de pila de combustible. La pila de combustible funciona como una batería en la cual uno de los productos que se forman es continuamente sustituido, es decir, no necesita recarga, pero si suministro de combustible. Para ello utiliza una reacción electroquímica entre hidrógeno y oxígeno en una estructura similar a una batería convencional de automóvil. Aunque existen muchos tipos de pilas de combustible que funcionan de formas diferentes, todas tienen un principio en común. Básicamente una pila de combustible tiene un ánodo de carbono poroso que incorpora pequeñas cantidades de un catalizador por el que entra el hidrógeno y que al ser activado rompe sus moléculas liberando energía, y un cátodo similar.

Figura 4.4 Componentes de un vehículo ligero de pila de combustible.



Actualmente las pilas más utilizadas en vehículos experimentales son las de tipo PEM. Esta pila utiliza placas de un material polimérico como electrolito. Cada placa está recubierta por platino que actúa como catalizador. Tienen un rendimiento entre el 40 y el 50% y la ventaja de trabajar a baja temperatura por lo que necesitan poco tiempo de precalentamiento y responden instantáneamente a demandas de potencia. Otra ventaja es que no hay otros líquidos a parte del agua residual, además es flexible de forma y fácil de fabricar, montar y transportar.

Pero presentan dos problemas: el platino es caro y escaso, por lo que debe ser reemplazado; y el hidrógeno suministrado debe ser muy puro. Estos problemas limitan su desarrollo y aplicación generalizada pues son costosas y de vida útil reducida.

Las principales propiedades del hidrógeno como combustible son:

- Su dosado estequiométrico hace que un volumen dado pueda contener menos masa de hidrógeno, pero el elevado poder calorífico compensa y hace que la mezcla hidrógeno-aire libere solo un 5% menos de energía que la gasolina y un 15% menos que el gas natural.
- Su elevado coeficiente de difusión hace que se disperse muy rápidamente en el aire.
- Su alto rango de límites de inflamabilidad favorece su uso en MEC pero lo hace peligroso para su almacenamiento y transporte.
- Su velocidad de combustión implica una reducción del tiempo de combustión con el consiguiente aumento de rendimiento.

- La elevada temperatura de combustión acelera la formación de NO cuando está en contacto con el aire por lo que el vapor de agua no es la única emisión a la atmósfera.

La aplicación del hidrógeno como combustible para la propulsión de vehículos automóviles es una tecnología conocida y pueden seguirse dos procedimientos: reacción electroquímica pero con un rendimiento real de un 60%, o combustión en motores con un 40%. Los vehículos de pila de hidrógeno con emisiones cero, marcan el final del desarrollo, pero el desarrollo de los sistemas de propulsión y estaciones de carga aun es susceptible de importantes mejoras para ser competitivo, faltando aún desarrollo tecnológico para extender la vida de las pilas y reducir su coste. Los retos están en conseguir mejoras apreciables en producción, almacenamiento, distribución y conversión en energía mecánica del hidrógeno.

## 4.2. COCHES DEL FUTURO

Un negocio que parece que sigue siendo redondo aún con la bajada generalizada de las ventas de automóviles tradicionales, es la venta de automóviles de los llamados de la nueva era; coches ecológicos que si bien son tan o más caros que los no ecológicos si aseguran a sus dueños una vida útil mayor, a menor coste ante posibles reparaciones y con un menor coste de funcionamiento.

La escala que determina el nivel de un coche ecológico que se sitúa en una emisión en registro menor de 120 gr de CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido, indica que durante todo 2008 se aumentó de forma clara el número de coches de éste tipo matriculados, se llegaron a comprar más de 500 coches de éste tipo al día en toda España de media, lo que según los mismos datos de 2007 es una subida durante 2008 de casi el 30% respecto a 2007. Mientras que las ventas de los no ecológicos han disminuido de forma muy clara, con porcentajes casi rozando el 50%.

Es muy claro por tanto que no sólo el mercado está viéndose afectado de forma generalizada por la mala situación, sino que además los que se plantean comprarse un coche nuevo deciden hacerlo del tipo ecológico por varios motivos:

- Por su mayor duración
- Por su carácter no contaminante, cada vez hay una mayor concienciación social
- Por el miedo a una nueva subida fuerte del precio de la gasolina.

Además del punto de vista del comprador, también se puede ver el del vendedor, las empresas de coches; cada vez más se están dando cuenta de la necesidad que se ha generado en el mercado de coches ecológicos. Honda, fue una de las primeras marcas del mundo que empezó a apostar por usar coches mixtos, en donde el motor de combustión se viera ayudado por uno eléctrico; sus ventas han sido increíbles.

Es quizá, el negocio por donde se va a ir reconvirtiendo la industria del automóvil en los próximos años si quiere salir adelante. Actualmente muchas de éstas empresas, sobre todo las grandes, tienen graves problemas económicos que podrían verse solventados con I+D en vehículos de éste tipo.

La reconversión está en el mercado, la demanda es la que necesita los vehículos y eso ha de indicar a las empresas que han de seguir invirtiendo en ésta tecnología por que es sin duda el futuro del mundo del motor.

La media de emisiones de CO<sub>2</sub> de los automóviles comercializados en Europa está actualmente en 160 g./Km, lejos todavía del acuerdo firmado por la UE y los fabricantes para situar el promedio en 140 g./Km en 2008, y más distante aún de la propuesta unilateral de la UE que estudia fijar un máximo de 120 a 130 g./Km para 2012. Tres grupos de fabricantes, PSA (Peugeot y Citroën), Fiat (Fiat, Lancia, Alfa Romeo, Ferrari, Maserati) y Renault son los que están más cerca de poder cumplir los objetivos.

Combinando interés comercial y conciencia ecológica, varias marcas ofrecen ya modelos limpios con menos de 140 g./Km de CO<sub>2</sub> e incluso menos de 120. Una de las pioneras fue Toyota, con la berlina híbrida Prius: emite 104 g./Km. Según ACEA, la asociación que agrupa a los fabricantes europeos y las filiales de marcas extranjeras (como Toyota y GM), los coches que emiten menos de 140 g./Km son ya el 29,6% del total, y los que bajan de 120 g./Km, sólo el 8%.

### 4.2.1. DOWNSIZING

Motor, peso y aerodinámica son los factores que más afectan al consumo, y como, salvo contadas excepciones, los coches son cada vez más altos y pesados, sólo queda mejorar los propulsores. Se trabaja en motores de gasolina con menos cilindrada para bajar las emisiones, pero apoyados con turbos para mantener la potencia y prestaciones. La tendencia se conoce como Downsizing o encogimiento. Se trata de una medida intermedia para reducir con carácter inmediato las emisiones mientras se desarrollan otras vías más efectivas pero cargadas de tecnología de vanguardia que no serán plenamente operativas hasta dentro de unos años. Ya hay varios ejemplos: las 1.4 TSi de VW (140 y 170 CV), los 1.4 turbo de Fiat (120 y 150 CV), el Seat Ibiza Ecomotive y el 1.2 turbo de Renault (100 CV), que está a punto de lanzarse en el Clío.

El nuevo Smart CDi, en la Figura 4.5, no tiene una línea eficiente para cortar el aire, pero su ligereza (menos de 800 kilos) y el pequeño motor, 0.8 turbodiesel de tres cilindros y 45 CV, compensan este detalle y permiten obtener consumos récord: 3,3 litros de gasóleo cada 100 kilómetros y sólo 88 g/Km de CO<sub>2</sub>. Es el modelo más austero del mercado español, pero tiene sólo dos plazas y no es apropiado para viajar ni para el uso familiar. Aunque cumple ya el límite de emisiones que propone la UE para 2012: entre 120 y 130 g/Km de CO<sub>2</sub>. Pero se ve favorecido por su ajustado tamaño, como todos los coches de ciudad y muchos utilitarios.

La situación cambia en los familiares compactos y en las berlinas medias, y se complica mucho en los monovolúmenes y todoterreno, más grandes, pesados y menos aerodinámicos. En estas últimas categorías cuesta encontrar modelos que cumplan la futura norma, y entre los que lo hacen, ninguno es de gasolina: sólo turbodiesel o híbridos.

Figura 4.5 Smart CDi con motor 0.8 turbodiesel.



Los motores turbodiesel emiten menos CO<sub>2</sub> que los de gasolina y desempeñarán también un papel vital, pero cuestan más caros, y la futura norma EU 5, prevista como muy tarde para 2010, no ayudará a mejorar su competitividad frente a los de gasolina: exigirá nuevos filtros, que elevarán aún más sus precios.

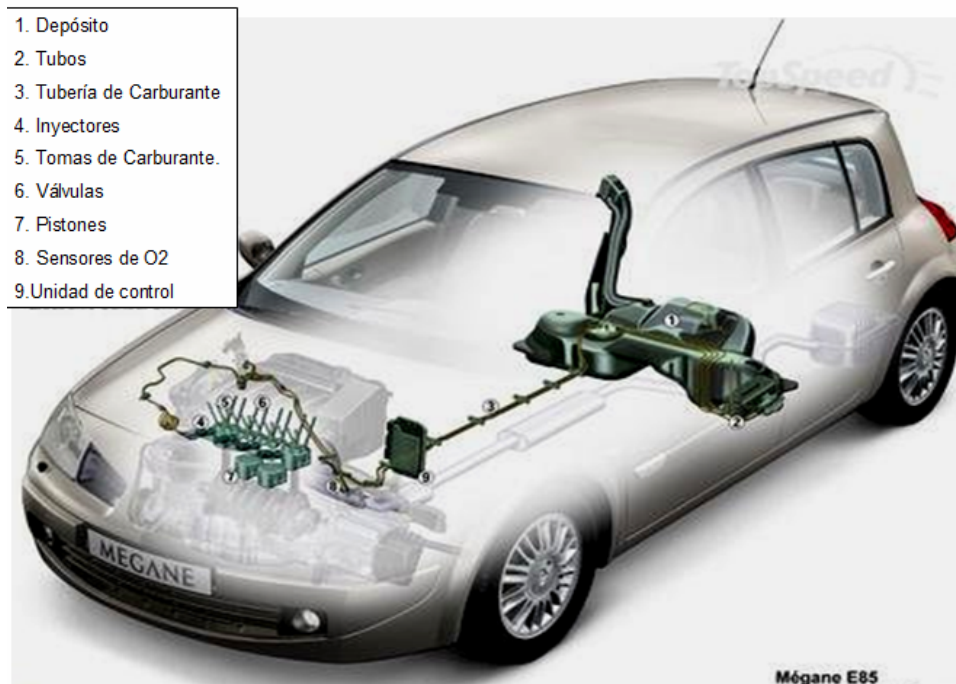
### 4.2.2. BIOCOMBUSTIBLES

Renault acaba de poner en marcha una estrategia que reúne intereses de marketing y en parte también de respeto medioambiental para dotar a sus vehículos más ecológicos de una etiqueta específica denominada Eco2. El objetivo es garantizar al cliente que su modelo cumple los criterios verdes más avanzados.

La Eco2 identificará los modelos que cumplan tres requisitos: estar producidos en fábricas certificadas con la norma ISO 14001 (relacionada con la eficiencia energética y el aprovechamiento de los recursos), ser reciclables en un 95% al final de su vida (lo impondrá en 2015 una norma de la UE) y emitir menos de 140 g./Km de CO<sub>2</sub>, o como alternativa poder funcionar con biocombustibles. Así, la marca francesa lanzará en julio de 2009 el Megane E85, que se alimenta de etanol y será el primer Renault que ofrezca en Europa con este combustible, en la Figura 4.6 se muestran los principales elementos [38].



Figura 4.6 Renault Megane E85.



En una reciente presentación de prensa en París, Renault confirmó además su propósito de tener circulando en la calle en el año 2008 un millón de coches que emitan menos de 140 g./Km de CO<sub>2</sub>, y un tercio de ellos, menos de 120 g./Km. La mayoría montarán el nuevo motor 1.2 turbo de gasolina o el 1.5 DCi turbodiesel actual. Cada vez son más los coches preparados para funcionar con bioetanol, destacan modelos como Ford C-Max, Galaxy y Mondeo; Volvo C30, S40, V70 y S80; y toda la gama de Saab.

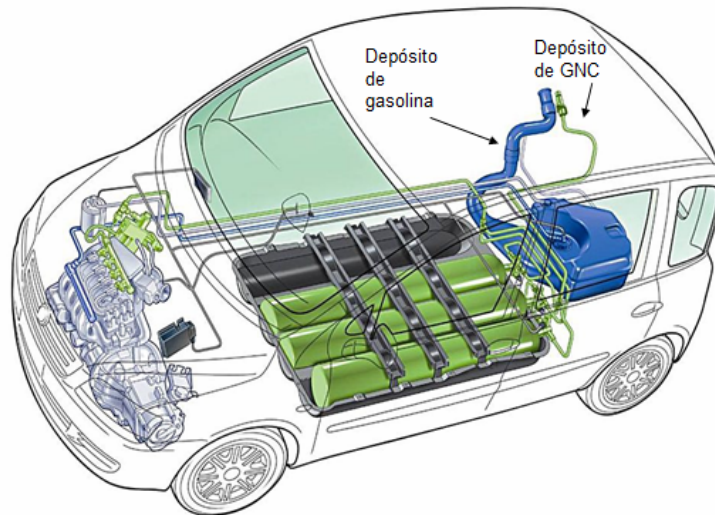
Otro ejemplo es el Opel Zafira. Este vehículo impulsado por gas natural circula para uso público como taxi aunque también se vende a particulares. El gas que utiliza para su funcionamiento se almacena como otro combustible cualquiera en un depósito perfectamente sellado y se introduce a presión. Esta variante tecnológica dispone de dos tapones para repostar, uno para el gas y otro para la gasolina que se utiliza en determinadas ocasiones, por la escasez de estaciones para repostar el gas natural.

Los taxistas saben elegir vehículos económicos, este modelo tiene un consumo un 30% inferior al de su homólogo diésel y casi un 50% respecto al de gasolina. Además el kilo de GNC es más económico. Basta con pulsar un botón en el salpicadero para el cambio de combustible. Desarrolla menos potencia que sus homólogos, debido al sobrepeso de los depósitos. Con todo la autonomía resulta algo escasa y se necesitan más estaciones de reportaje.

Y no sólo este modelo recorre las calles impulsado por gas natural también otros vehículos de similares características, son el Fiat Multiplà, que se muestra en la Figura 4.7, y el Seat Toledo. Desde hace más de 10 años Fiat es líder mundial en las motorizaciones alternativas

gasolina/metano y es el primer constructor que ofrece una línea ecológica “Natural Power” en una extensa gama de automóviles: Punto, Panda, Multiplà y Dobló. Actualmente lidera el mercado de los vehículos propulsados con gas natural, con casi el 65% de las ventas en Europa y un total de 23.000 unidades comercializadas en 2006 [39].

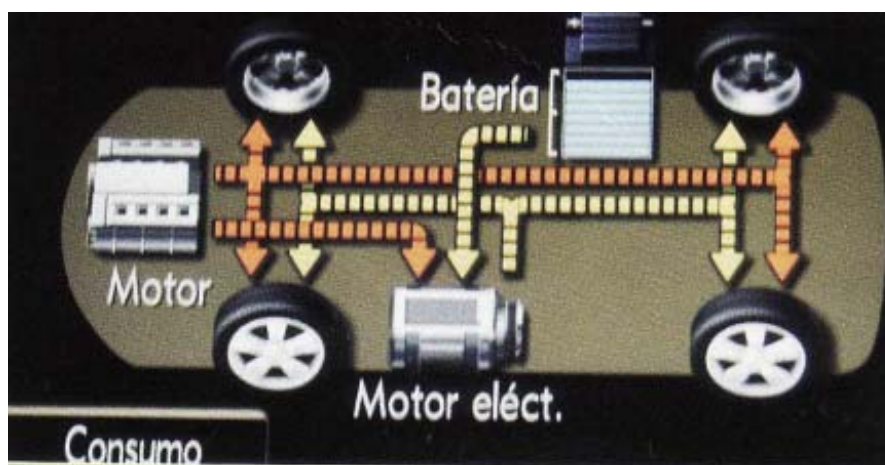
Figura 4.7 Fiat Multiplà.



### 4.2.3. HÍBRIDOS

La tecnología híbrida combina un motor de explosión, uno o varios motores eléctricos y una batería. Todos los componentes están interconectados como se muestra en la Figura 4.8 de tal manera que pueden darse las siguientes situaciones: el motor eléctrico, alimentado por la batería, impulsa el vehículo; el motor de explosión, quemando gasolina, impulsa el vehículo; ambos colaboran en impulsar el vehículo; el motor de gasolina, en determinadas situaciones trabaja para recargar la batería.

Figura 4.8 Componentes de un vehículo híbrido.



En 1997 el Toyota Prius inauguró la saga de este tipo de vehículos, combina un motor 1.5 de gasolina y otro eléctrico, y es la berlina media con menor consumo y emisiones de CO<sub>2</sub>: 4,3 litros y 104 g/Km. Suma 112 CV y alcanza 170 Km/h. Le sigue Honda con el Insight y después con la versión IMA del Civic Hybrid, que lleva un propulsor 1.3 de gasolina y otro eléctrico. Tiene 115 CV y llega a 185 Km/h., aunque su rendimiento es ligeramente menos limpio que el del Prius: 4,6 litros y 109 g/Km.

Pero por lo avanzado de esta tecnología han sido necesarias grandes inversiones en I+D para poner en el mercado este tipo de modelos, que tienen en los mercados de Japón y Estados Unidos sus bastidores de ventas, mientras en Europa se va a la zaga. Lo que ha llevado a que el motor de explosión utilizado sea de gasolina, lo que contribuye a que sobre el terreno la reducción de consumos y emisiones no sea espectacular, y dependa mucho de las condiciones de uso, con un buen rendimiento y bastante ahorro en ciudad y menos en carretera.

Otros fabricantes como Peugeot y Citroën ensayan ya prototipos de los 307 y C4 híbridos con motor 1.6 turbodiesel de 90 CV. Gastan 3,4 litros y emiten 90 g/Km, y su comercialización se ha adelantado a 2009 con un sobrepeso de unos 2.000 euros frente a un turbodiesel normal. Las tecnologías están casi listas, pero el desafío es lograr la aceptación de los compradores para que paguen más por coches que corren y contaminan menos. Y será muy difícil sin incentivos fiscales.

Para la mejora del rendimiento de la batería en este tipo de vehículos, los esfuerzos se centran en el desarrollo de las pilas de litio, que ofrecen mejor rendimiento tanto en versatilidad de carga y descarga como en durabilidad y capacidad. Los primeros en presentar un modelo equipado con estas baterías ha sido el fabricante chino BYD, una firma cuyo negocio principal era el de la fabricación de baterías y que se ha introducido en el mundo del automóvil hace relativamente poco.

Otra mejora para los vehículos híbridos es la capacidad de enchufar el coche a la red eléctrica doméstica para poder partir con las baterías siempre a plena carga, lo que contribuye a reducir sensiblemente a los consumos, sobretodo en los trayectos cortos.

En Japón ya se comercializa un híbrido de estas características, el Toyota Plug-in, y en Europa, Volvo es uno de los fabricantes que más desarrollado tiene este sistema. En 2007 en el salón del automóvil de Fráncfort se presentó este concept car con el Volvo C30, en la Figura 4.9, compuesto por motores eléctricos individuales en las ruedas y un motor de combustión interna alternativo alimentado con biocombustibles. Puede recorrer 100 Km antes de que sea necesaria la actuación del motor térmico. Este espectacular vehículo ha sido desarrollado en el VMCC (Volvo Concept and Monitoring Center).

Figura 4.9 Volvo C30 Recharge.



Con un motor eléctrico individual en cada rueda, se maximiza la distribución del peso, así como el rendimiento mecánico y la tracción. Se elimina la tracción en las marchas mecánicas, ya que al no tener transmisión no necesita caja de cambios. Además cuando el sistema esté finalmente desarrollado, los frenos de las ruedas serán sustituidos por frenos eléctricos, en los que el gasto de energía por fricción es mínimo. El único requisito será que el dueño del coche tenga acceso a tomas de corriente eléctrica en lugares accesibles.

Un reciente estudio del grupo General Motors (GM), el segundo constructor mundial - propietario de firmas como Opel, Cadillac, Daewo o Saab- afirmaba que el uso de los turismos híbridos recargables conseguiría reducir 500 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, sólo en EE UU. Aunque los híbridos tal y como ahora se conocen serán recordados por haber dado el pistoletazo de salida a la corriente ecológica del automóvil, su eficiencia actualmente no supone una solución definitiva contra la contaminación, ya que este tipo de vehículos tiene todavía un largo recorrido.

### 4.2.4. HIDRÓGENO

Ya en 1807, el ingeniero suizo Isaac de Rivaz patentó un vehículo movido por combustión de hidrógeno con aire y en 1860 Etienne Lenoir propuso el Hippomovi. En los años 1930 los motores Zeppelin se alimentaban con H<sub>2</sub>. Pero no fue hasta el año 1957 en que un Pontiac De Ville fue convertido a hidrógeno, pero en combustión, almacenado en hidruros metálicos. Fue en 1959 cuando se presentó el prototipo de un tractor Allis-Chalmer propulsado con un motor eléctrico alimentado con mas de 1000 células con propano como combustible. El primer intento de mover un vehículo con pila de hidrógeno fue en 1966 de la mano de General Motors. Aunque no ha sido hasta el año 2005 en que Honda a vendido el primer coche con pila de combustible a un cliente privado [33].

El hidrógeno se perfila como una de las principales fuentes de energía a largo plazo en todos los sectores. En el del automóvil empieza a cobrar protagonismo aplicado como combustible en motores de combustión interna con notable éxito y emisiones contaminantes prácticamente cero. Pero a pesar de que ya hay varios modelos funcionando con este

sistema y muchos proyectos piloto puestos en marcha, las dificultades de almacenaje, la seguridad y la inexistencia de una red de abastecimiento son los principales obstáculos para los investigadores. En un futuro más lejano, su aplicación en la célula de combustible será crucial.

Los motores de combustión interna alimentados por hidrógeno son ya una realidad, plasmada fundamentalmente en los modelos BMW Hydrogen7 y Mazda RX-8, véase la Figura 4.10. En lo que se refiere al motor las diferencias respecto a los vehículos de gasolina son muy pocas. Los modelos de combustión de hidrógeno llevan un depósito que se recarga mediante un complejo sistema de válvulas, dada la extremada volatilidad de este gas. El depósito almacena este gas en estado líquido y lo sirve al motor en estado gaseoso. En la cámara de combustión el proceso es similar al de cualquier combustible fósil, la diferencia está en los gases de escape,  $H_2$  y una pequeña parte de  $NO_2$ .

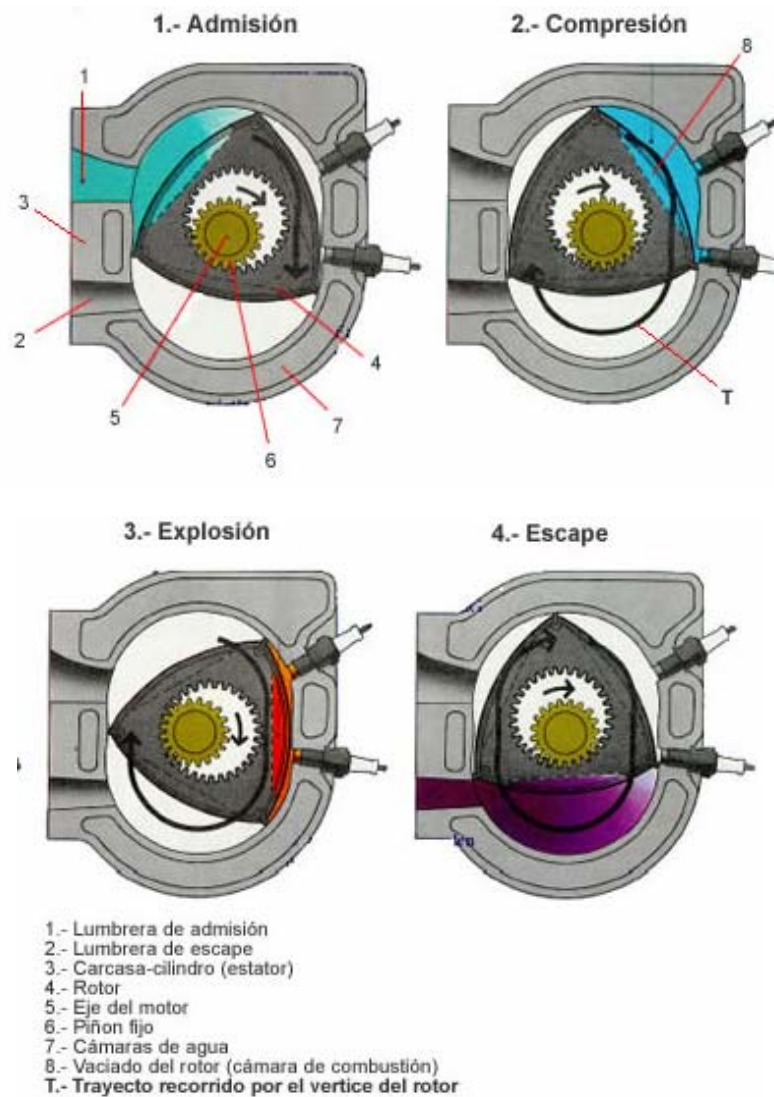
Figura 4.10 Esquema del motor del BMW Hydrogen 7.



El motor rotativo o Wankel, mostrado en la Figura 4.11, que actualmente solo se utiliza en el Mazda, está compuesto por una elipse que contiene un triángulo que al girar va creando las cámaras de admisión, compresión, combustión y escape, y parece idóneo para ser utilizado con hidrógeno, ya que es posible aprovechar mejor la alta temperatura de combustión de este gas. Además se trata de un motor más eficiente, compacto y ligero. A única pega es que el aceite de lubricación se quema en mayor medida, por lo que las emisiones contaminantes son algo más elevadas.



Figura 4.11 Ciclo de funcionamiento del motor rotativo wankel.



La célula de combustible se perfila como la mejor solución energética para el futuro. Esta tecnología aplicada al automóvil, se basa en sustituir las baterías de un sistema de propulsión eléctrico por la célula, que alimenta con la energía que genere al motor eléctrico. Mientras que las baterías son limitadas en potencia y duración, y generan un residuo una vez terminada su vida, la célula supone una fuente continua de energía y se puede adaptara las necesidades del modelo simplemente aumentando su tamaño, mediante el montaje en serie de un mayor número de membranas.

De manera que los vehículos de célula de combustible cuentan con un depósito para el almacenaje de hidrógeno, la pila de combustible colocada bajo el habitáculo y el motor eléctrico en la parte delantera. Pero de momento este sistema ocupa mucho espacio y se está trabajando en el diseño de nuevos sistemas e almacenaje del hidrógeno mediante el empleo de nano materiales de altísima capacidad de absorción. Pero por ahora este no es el problema más difícil. Los principales retos de la célula de combustible son los relativos, por

un lado, a los costes de producción y del montaje, y por otro, a la producción, el transporte y el almacenaje del hidrógeno.

#### 4.2.5. PRÓXIMOS LANZAMIENTOS

Las tecnologías denominadas verdes o azules, dependiendo de su lugar de origen, van a seguir marcando la referencia en los próximos años. Los equipos de I+D de los fabricantes y de la industria auxiliar están inundando los salones de propuestas y programas encaminados a reducir gramo a gramo las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero también los gases nocivos para la salud, los grandes olvidados por la intensidad del debate sobre los efectos del CO<sub>2</sub> en el hipotético cambio climático.

Por ejemplo en el Salón del Automóvil de Ginebra de 2008 se presentaron algunas novedades como el Lotus Exige 270 E, en la Figura 4.12 un deportivo capaz de acelerar de 0 a 100 en 3,9 segundos con la peculiaridad de que su turbopropulsor es capaz de funcionar con tres tipos de combustibles, de ahí su nombre Tri-fuel, como son la gasolina, el etanol y el metanol.

Figura 4.12 Lotus Exige 270 E.



O el Saab 9-X BioHybrid que llegará al mercado a finales de 2009, es un prototipo que incorpora un propulsor de 1.4 litros equipado con un turbo compresor de inyección directa que eleva la potencia hasta los 200 CV y es capaz de funcionar con gasolina o con el E85, además incorpora un sistema híbrido que recarga su batería con células solares situadas en el techo.

Otro ejemplo es el Pininfarina Sintesi, en la Figura 4.13, lo más destacable de este prototipo, además de la pila de combustible, es su sistema de inteligencia artificial que hace prescindible cualquier señal de tráfico y semáforo. Está en continuo contacto con aquello que le rodea y fija automáticamente la velocidad y el nivel de riesgo para ajustarse a la situación en cada momento y también cuenta con un sistema avanzado de piloto automático.

Figura 4.13 Pininfarina Sintesi.



El VW Polo TDi Hybrid, incorpora un motor de combustible de 1.2 litros que genera una potencia de 75 caballos al que se adapta como un guante la caja de cambios DSG de siete velocidades. Con este bloque y el complemento del motor eléctrico, este Golf se convierte en un mechero, consume tan sólo 3,4 litros cada 100 kilómetros lo que le permite conseguir unas emisiones de 90 gramos por kilómetro.

Otro modelo con motores eléctricos es el Rinspeed sQuba, en la Figura 4.14, que cuenta con tres motores eléctricos, uno mueve las ruedas al circular por tierra firme y los otros dos se encargan de mover las hélices posteriores durante la inmersión.

Figura 4.14 Rinspeed sQuba.



En el Salón de Detroit de ese mismo año se presentaron novedades como el Cadillac ProvoC Concept que se corresponde con un vehículo limpio, ya que en sus desplazamientos no emite residuos nocivos. Cuenta con tres motores eléctricos uno de 70 kW para el eje delantero y



otros dos de 40 kW para cada rueda trasera. Carece de motor de combustión y está equipado con pila de combustible para producir energía eléctrica y un batería de iones de litio que le confieren una autonomía de 480 kilómetros con una velocidad máxima de 160 Km/h. Otra de sus características es el panel solar en el techo que alimenta los sistemas interiores como la luz o el sonido. Ferrari también presentó un coche de naturaleza ecológica, el Ferrari F430 Spider Biofuel, en la Figura 4.15. Con esta versión se reducen las emisiones un 5% a la vez que se aumenta el par un 4% y se incrementa la potencia un 10%. Además está equipado con un sistema de control electrónico que actúa en el encendido y que le permite adaptarse al porcentaje de mezcla de etanol.

Figura 4.15 Ferrari F430 Spider Biofuel.



Y como no podía ser menos, la marea verde que ha vivido el sector en los últimos años llega a Madrid en forma de resaca. No son muchas las novedades y la euforia ecológica se ve eclipsada por el gran número de nuevos modelos.

Seat acapara el protagonismo con el Alhambra EcoMotive, este monovolumen consigue reducir sus emisiones a 159 gramos por kilómetro, para conseguir este objetivo los ingenieros han modificado la gestión del motor y han montado neumáticos especiales.

Audi trae el A1 Proyect que incorpora dos motores, uno de gasolina que impulsa las ruedas delanteras y otro eléctrico para las traseras. Además la batería de este modelo se puede conectar a la red doméstica.

BMW X6 híbrido, un modelo ya visto en otros salones que incorpora un motor eléctrico con dos rangos de funcionamiento, a baja y alta velocidad.

El Land Rover LRX presenta un sistema de propulsor híbrido que combina un motor turbodiesel con otro eléctrico y alcanza un nivel de emisiones por debajo de 120 gramos por kilómetro de CO<sub>2</sub>.

Desde Japón llega el Nissan Cube Denki, en la Figura 4.16, este gracioso prototipo incorpora un motor eléctrico con baterías de ión-litio que se pueden recargar en 8 horas y le confieren autonomía para otras 8 horas.

Figura 4.16 Nissan Cube Denki.



Diseñado entre India y España, el Suzuki Concept A-Star aparece como la vocación de ser un coche global. Está impulsado por un motor de un litro de cilindrada que cumple la normativa Euro 5 y emite solamente 109 gr de CO<sub>2</sub> por kilómetro.

El capítulo de novedades ecológicas más destacables lo cierra el Volvo C30 Recharged que ya se vio en apartados anteriores.

### 4.3. OTRAS MEDIDAS

La situación energética y medioambiental en el mundo empuja a los fabricantes de automóviles a afrontar una nueva era. El negocio ha cambiado de forma y de color y ahora hay que buscar nuevos socios capaces de aportar tecnologías que no estaban ligadas al automóvil, y no basta con diseñar modelos muy poco contaminantes, sino que además hay que ser capaz de venderlos en masa. Todo un reto para el que esta industria se muestra preparada, a la espera de que las infraestructuras y las normativas acompañen el proceso de reinención del automóvil.

Para un sector en el que el tiempo de desarrollo de un vehículo está entre cinco y siete años, lograr una reducción de CO<sub>2</sub> en un plazo de cinco años parece imposible. Por eso la asociación Europea de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA) plantea una nueva postura a los legisladores. El sector podría llegar a cumplir la normativa si se tienen en cuenta otros factores como el compromiso de todas las partes afectadas, es decir, industria del automóvil, proveedores de carburantes, legisladores y usuarios. Por lo tanto, la estrategia futura de la UE debería incluir ajustes en las infraestructuras, la gestión del tráfico, la composición de los combustibles fósiles y la implantación masiva de los biocombustibles, así como abordar la demanda de los consumidores finales, los compradores de vehículos que en muchos casos no están a favor de pagar una mayor carga tecnológica en su vehículo que reduzca sus emisiones a pesar de la elevada oferta presente en el mercado.

Por ello además de crear un hábito de conducción eficiente, es necesario desarrollar un sistema fiscal global en el marco de la UE relacionado con el CO<sub>2</sub> [38].

### 4.3.1. POR PARTE DE LOS FABRICANTES

A parte de los combustibles alternativos y las opciones tecnológicas de apartados anteriores, los fabricantes también incorporan ciertas novedades en sus vehículos para conseguir una mayor eficiencia. Es la denominada tecnología BlueMotion, que consiste en mantener las prestaciones y equipamiento de sus vehículos pero con una significativa reducción en el consumo, como mínimo medio litro por cada 100 Km, y la consiguiente reducción de las emisiones. Se actúa sobre el motor, la caja de cambios, la aerodinámica y los neumáticos.

Una opción muy extendida entre los fabricantes es el botón de arranque o tecnología Start/Stop que consiste en un sencillo mecanismo que detiene el motor del coche cuando este se para sin mantener metida ninguna velocidad. El vehículo se mantiene completamente apagado mientras se tiene pisado el freno y vuelve a arrancarse solo, de manera silenciosa, en el instante en que se pisa el embrague. Esta tecnología es especialmente útil en las ciudades, puesto que en los semáforos y atascos el coche se detiene, reduciendo a cero la emisión de gases, el ruido y el consumo de combustible. Además en algunos modelos como el BMW 118d se dispone de una pantalla de ordenador en la que se indica la velocidad más adecuada en cada momento para optimizar el consumo.

Gracias a los sistemas electrónicos de inyección se pudieron adaptar la mezcla de combustible y aire a las exigencias de potencia del motor y, de esa forma, reducir el consumo de combustible y las emisiones de elementos contaminantes. Fue el sistema D-Jetronic de Bosch el que sentó las bases de esta tecnología hace más de 40 años.

Los desarrollos más actuales son las válvulas magnéticas y piezoeléctricas que consiguen unas presiones de hasta 2.000 bares. Estas válvulas se están utilizando en modernos motores con la inyección directa de gasolina. Con ellas se ha reducido el consumo de combustible hasta en un 15% en comparación con la inyección convencional con tubo de aspiración.

Y ha sido también Bosch la que ha desarrollado unos nuevos catalizadores MMS (Substrato Modular Metálico), en los que el tradicional monolito cerámico ha sido sustituido por un monolito metálico patentado en exclusiva. La Tecnología de Flujo Radial empleada en la construcción proporciona una gran reducción del volumen crítico, peso y contrapresión consiguiendo una mejora en las prestaciones muy por encima de los diseños convencionales.

Estos nuevos catalizadores metálicos ofrecen unas ventajas y características únicas frente a los clásicos cerámicos, entre las que destaca una mayor resistencia frente a golpes; como el monolito es metálico y está soldado a la propia carcasa del catalizador, no puede sufrir daños por transporte, ni por instalación, ni por manipulación. Lo que provoca una mayor seguridad para el taller. Su diseño en forma de cuña facilita el paso del humo y por lo tanto disminuye

la presión en el escape, es decir, reduce el efecto tapón que provoca el catalizador convencional. Otra característica importante consiste en la mejora en las prestaciones; los MMS reducen el consumo, o lo que es lo mismo, aumentan la potencia del vehículo, pues el motor necesita hacer menos trabajo para expulsar el humo, con lo que así mismo se reducen las emisiones.

Por último, los neumáticos. Fue durante la crisis del crudo, en la década de los setenta, cuando se presentaron los primeros neumáticos que ahorraban combustible. Mediante la utilización de nuevos materiales, llegaban a disminuir el consumo de combustible entre un 2 y un 8%. Todo giró en torno a la denominada resistencia a la rodadura, es decir, a la reducción al máximo de la resistencia que el neumático ofrecía en su contacto con el suelo. Además, en las últimas generaciones de neumáticos se tienen en cuenta otras consideraciones para minimizar su impacto medioambiental y han comenzado a producirse con nuevos materiales reciclables.

El fabricante francés de neumáticos Michelin lleva cuatro generaciones con su gama de neumáticos Energy, que reduce en un 20% la resistencia a la rodadura. Su última generación es la Energy Saber, que ahorra 0,2 litros cada 100 Kms y reduce en 4 gr/Km las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 4.3.2. POR PARTE DEL GOBIERNO

Como medida para paliar la contaminación las grandes ciudades gravan con peajes la circulación por el centro. Con el comienzo de 2008 entró en vigor en la capital alemana Berlín, junto con otras tres ciudades más (Hannover, Dortmund y Colonia), el sistema de peajes urbanos, que prohíben la entrada al centro de la ciudad de todos los coches contaminantes. Con un espacio de 88  $km^2$  se convierte en la mayor zona cerrada de Europa.

El exceso de polución es uno de los mayores males del siglo XXI, al que hay que hacer frente a través de diferentes sistemas. En Milán por ejemplo, existe el llamado "EcoPass", que supone el pago de 10€ a los vehículos que circulen por el centro. Dentro de ésta medida están exentos los vehículos eléctricos o híbridos y las motocicletas. El sistema funciona de lunes a viernes y la tarifa fluctúa según las emisiones de los vehículos y la frecuencia de acceso.

Otras ciudades adaptadas a los peajes urbanos son Oslo y Bergen, que se convirtieron en las pioneras de Europa. Después llegó Londres que en 2003, cerró el tráfico del centro urbano, en un área de 20  $km^2$ . De esta forma se comprueba que el tráfico de vehículos ha disminuido y con ello las emisiones.

El 2008 trajo consigo cambios en el parque automovilístico europeo. Con la entrada en vigor del nuevo Impuesto de Matriculación que grava de un impuesto adicional a aquellos vehículos que emitan más de 120 gr/Km de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Esta Ecotasa presenta un

impuesto variable dependiendo del nivel de emisiones de cada vehículo y no en función de su potencia como se venía haciendo. Así aquellos modelos que emitan menos de 120 gr/Km quedan exentos, los que oscilan entre los 121 y los 160 gr/Km deberán sumas al precio final un 4,75% más, los que rondan los 200 gr/Km añaden un 9,75% y por último todos los vehículos que sobrepasen la barrera de los 201 gr/Km deberán pagar un 14,75% más.

En España, la llegada del 2008 también supuso el fin del Plan Prever vigente desde 1997. Esta medida permitía a los titulares de un vehículo con más de 10 años de vida beneficiarse de una deducción de 480 € en el impuesto de matriculación. Durante estos años ha supuesto que unas 4,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> no llegaran a la atmósfera. El objetivo era ir reduciendo poco a poco la chatarra antigua contaminante e ir sustituyéndola por otra más nueva y respetuosa con el medio ambiente. Resulta inexplicable la la decisión del Gobierno y ha provocado que las principales asociaciones del sector del automóvil, como Anfac, Aniacam, Faconauto o Ganvam, muestren su disconformidad ante tal supresión. Ya que en la actualidad, España cuenta con el parque móvil más antiguo de Europa, en el que uno de cada 3 coches tiene más de 10 años. Cifra que amenaza con aumentar tras la supresión de este incentivo.

Aunque por otro lado, el Gobierno de España ha querido mediante el programa “Renovación del Parque Automovilístico de Turismos”, aportar ayudas económicas a las comunidades autónomas para que puedan subvencionar la compra de vehículos ecológicos. Se ofrecen hasta 6.000€ de ayuda en vehículos eléctricos o de hidrógeno y hasta 2.000€ por los vehículos híbridos o de gas natural.

### **4.3.3. POR PARTE DE LOS USUARIOS**

Según en Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA), conducir de forma eficiente puede permitir ahorrar hasta un 15% de carburante, lo que puede suponer unos 200 € de ahorro de media al año. Si se quema menos combustible fósil, las emisiones de partículas, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, serán menores.

Arranque y puesta en marcha: cuando se acciona el contacto del coche no se debe pisar el acelerador de forma brusca. En un motor de gasolina se recomienda iniciar la marcha enseguida, mientras que en los diésel esperar unos minutos antes de empezar a rodar. Cuando se llegue al destino, evitar dar un acelerón antes de quitar el contacto es contraproducente para el motor, para el consumo y para las emisiones.

Utilización y cambios de marcha: todo depende de las revoluciones, es decir, en un vehículo de gasolina es óptimo realizar el cambio de marcha entre las 2.000 y las 2.500 rpm, mientras que en los diésel, entre las 1.500 y las 2.000 rpm. Dependiendo de la velocidad a la que se circule, se recomienda cambiar a 2º a los seis metros; a 3º cuando se rueda a 30 Km/h; a 4º cuando se llegue a los 40 Km/h, y a 5º al superar los 50 Km/h. Asimismo, es



preferible evitar circular con marchas cortas e ir con las más largas posibles a menos revoluciones.

Velocidad: conducir con suavidad y mantener una velocidad constante reduce el consumo, por eso, evitar acelerones y frenadas bruscas. Evitar pisar a fondo el pedal del acelerador porque se puede consumir hasta 4 veces más.

Frenada y parada: si se frena innecesariamente, cuando se vuelve a acelerar el motor realizará un sobreesfuerzo con el consiguiente aumento de consumo. Siempre que se pueda, detener el coche sin reducir de marcha. Además si las paradas van a durar más de un minuto, es mejor apagar el motor.

Seguridad: intentar no convertirse en un estorbo para los vehículos más rápidos, mantener la distancia de seguridad y calcular la velocidad de los que van más lentos para adelantarlos con seguridad y sin acelerones.

Planificar la ruta y escoger el camino más directo: evitar las horas punta y antes de salir comprobar el estado de las carreteras, para evitar caravanas.

Peso y distancia: evitar el exceso de equipaje, puesto que por cada 100 Kg de peso adicional se incrementa el consumo en un 5%. Evitar utilizar la vaca pues incrementa el consumo entre un 2 y un 35%. No utilizar el coche para trayectos inferiores a 10 Km ya que con el motor en frío el gasto se incrementa en un 50%.

Aire acondicionado y sistemas eléctricos: es recomendable usarlos con moderación, incrementan un 20% el gasto. También el uso de los sistemas eléctricos como luces antiniebla o luneta térmica aumentan el consumo un 3%.

Ventanillas: a partir de los 100 Km/h con las ventanillas totalmente bajadas se consume un 5% más de carburante. Es recomendable utilizar la circulación de aire forzada del vehículo.

Neumáticos: verificar la presión y el estado de los mismos pues inciden en el consumo. Llevar una presión inferior en 0.3 bares a la recomendada incide en un aumento del consumo de un 3%.

Esto es tan importante que incluso BP ha desarrollado un simulador de Técnicas de eco-conducción. Este juego fue presentado en el salón del automóvil de Madrid en 2008 y pretende que los conductores aprendan a controlar la selección de marchas y a mantener el motor a las revoluciones adecuadas para mejorar no sólo el consumo sino también reducir las emisiones [38].

## 5. CONCLUSIONES

---

Este proyecto ha sido una aproximación al análisis de los principales problemas de contaminación medioambiental causadas por los vehículos automóviles. Así como a las reglamentaciones existentes en la Unión Europea a este respecto y a las tecnologías que se están desarrollando como consecuencia y cumplimiento de dichas normativas. Como principal dificultad se puede destacar la complejidad del análisis de los gases contaminantes emitidos por los automóviles debido a la no homogeneidad de datos ofrecidos a este respecto. Y este es uno de los motivos por el que uno de los principales propósitos de las directivas se centran en la homogeneización de los datos así como de la publicación periódica de informes que pongan dichos datos en conocimiento del público.

La importancia de los materiales utilizados en la construcción del vehículo automóvil se ve reflejada en el segundo capítulo en el apartado 2.1.2 FASE DE RETIRO, donde se analizan los componentes y el proceso que se lleva a cabo para su eliminación posterior. Es aquí donde reside la dificultad, debido a que el sector del automóvil está evolucionando constantemente no resulta fácil el proceso de desmantelamiento y reciclado del vehículo cuyos componentes varían en materia y cantidad, como tampoco lo es su valorización final. De nuevo es otro de los propósitos de la normativa el conseguir el uso de materiales reciclables y facilitar a los centros autorizados los planos de montaje del vehículo facilitando con ello el proceso de desmantelamiento del mismo.

Todos estos contaminantes emitidos a la atmósfera han iniciado un proceso de alteración y desequilibrio del medio ambiente que conlleva la disminución de la calidad ambiental, y a largo plazo tienen efectos sobre la salud y el bienestar no sólo de los seres humanos sino también sobre las especies tanto animales como vegetales que habitan en el planeta Tierra.

La concentración masiva de gases en la atmósfera unida a la destrucción de espacios naturales esta provocando el calentamiento global del planeta y la destrucción de la capa de ozono. Si no se hace nada por evitarlo, esto podría tener efectos letales sobre la vida en el planeta.

La contaminación no conoce fronteras por lo que su control no puede abordarse desde políticas estrictamente nacionales. La política medioambiental europea es un ejemplo de las virtudes que tiene la elaboración de normas comunes para el respeto del medio ambiente. Los dos avances más relevantes de esta política común de la UE, consisten en la vinculación del crecimiento económico a la protección medioambiental, determinando el desarrollo sostenible como objetivo fundamental, y la integración en la definición y en la realización de las demás políticas y acciones de la UE al cumplimiento de dicho objetivo.





Tras la evaluación de la situación en materia de transporte y medio ambiente, la UE debe llevar a cabo una serie de medidas destinadas a limitar el calentamiento global y reducir la contaminación. Por eso se están implantando una serie de Directivas sobre las emisiones de los vehículos, estableciendo valores límite de emisiones atmosféricas y acústicas cada vez más estrictos; una mejora de las normas sobre la calidad de los combustibles utilizados; y un marco de gestión de residuos que limite su producción y organice de la mejor manera posible su tratamiento y eliminación. Todo ello con el fin de garantizar una mayor protección del medio ambiente.

Paralelamente, la UE lleva a cabo otras medidas como la creación de nuevos impuestos que suponen un coste adicional a los vehículos que excedan los límites de emisión impuestos por la normativa; o como la imposición en algunas ciudades de peajes para circular por el centro a los coches contaminantes. Algunos gobiernos en cambio, ofrecen ayudas económicas a los usuarios para la adquisición de vehículos ecológicos.

Los fabricantes se ven cada vez más presionados por la sociedad y los políticos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de sus vehículos. Por eso, gran parte de las investigaciones de las marcas se destinan a buscar mejoras tecnológicas para reducir las emisiones.

Si los planes de la UE prosperan, las marcas europeas de prestigio, como Porsche, Mercedes, Audi, BMW y otras, pueden tener problemas serios. Su salvación depende de que el límite de emisiones no se aplique a cada modelo, sino a la media de la gama de cada fabricante, lo que permitiría seguir vendiendo coches grandes y potentes siempre que sus mayores emisiones se compensaran con las de otros más pequeños.

La tendencia por parte de los fabricantes se orienta hacia el desarrollo de nuevas tecnologías, que mejoren en rendimiento del motor reduciendo el consumo; y hacia la utilización de nuevos combustibles, más respetuosos con el medio ambiente que aseguren el suministro energético en el futuro, ya que las reservas de petróleo están llegando a su fin. De momento la solución más viable contra la contaminación, parece la de los vehículos híbridos, pero de las muy diversas tecnologías, la posibilidad de disponer de vehículos propulsados por hidrógeno con pilas de combustible parece que será la definitiva. El problema es que serán necesarios grandes volúmenes de inversión en I+D para que esta opción resulte competitiva pues el reto está en conseguir mejoras apreciables en producción, almacenamiento, distribución y conversión en energía mecánica del hidrógeno.

Por último, se ofrecen algunos consejos sobre conducción ecológica con el fin de crear un hábito de conducción eficiente en los usuarios. Esto además de suponer un ahorro para los consumidores sobre el precio del carburante supone una disminución de la quema de combustible y por tanto una disminución de la contaminación atmosférica.



## 6. REFERENCIAS

---

- 1 "Protocolo Kioto y el sector del transporte".- Proyecto final de carrera Universidad Carlos III, Susana Sanz.2006.
- 2 "España cae al octavo puesto en el ranking de producción mundial de vehículos". [www.Ecodiario.es](http://www.Ecodiario.es) Junio 2008.
- 3 "Análisis Medioambiental del impacto de un automóvil".Departamento de proyectos de la Universidad Politécnica de Valencia.2004.
- 4 "Contaminación en España". Informe de Greenpeace de Febrero de 2008.
- 5 "Perspectivas del Medio Ambiente Mundial". PNUMA (programa de naciones unidas para el medio ambiente).2000.
- 6 "Sistemas de Climatización de Automóviles". Por Francisco Mata Cabrera. Universidad Politécnica de Almadén.2003.
- 7 "[www.ecoempleo.com](http://www.ecoempleo.com)".IMEDES (Instituto mediterráneo por el desarrollo sostenible). Agosto 2008.
- 8 "Conferencia Nacional de Prevención de Residuos". Por la Dirección de Calidad y Evaluación Ambiental.2004.
- 9 "El Automóvil como Fuente de Residuos: Hacia una Gestión Medioambientalmente Correcta".Jornadas técnicas de Ciencias Ambientales. Centro de experimentación y certificación de vehículos (T.N.T.A). Por Javier Chicharro Rodríguez.2005.
- 10 "Panorámica de Vehículos al final de su Vida Útil". Proyecto final de carrera Universidad Carlos III, Pedro Ruiz Ortiz de Villajos. 2006.
- 11 "El Campo de las Ciencias y las Artes". Servicio de estudios del Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA).2000.
- 12 "<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/dobson.html>". Pagina web oficial de la NASA. Diciembre de 2008.
- 13 "<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28118.htm>". Actividades de la UE. Noviembre 2008.
- 14 "Informe sobre Transporte y Medioambiente". Ministerio de Medio Ambiente.2006



- 15 "Informe de la 19ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono". Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Septiembre 2007.
- 16 "Tratado de Lisboa". Martín y Pérez de Nanclares, Junio 2008.
- 17 "Introducción a la Unión Europea". Muñoz de Bustillo, R. y Bonete.2002.
- 18 "Un medio ambiente de calidad". Informe de la Comisión europea 2006.
- 19 "Manual de derecho de la Unión Europea".Díez Moreno, F. Thomson 2006.
- 20 "The Economics of European Integration". Edward Elgar.2005.
- 21 "Informe Stern. La Verdad sobre el Cambio Climático". Cuarto Informe de evaluación sobre el cambio climático (IPCC) 2007.
- 22 "Libro Verde: Adaptación al Cambio Climático". Comisión Europea 2007.
- 23 Directiva 2006/40 CEE del Parlamento europeo y del Consejo. Mayo 2006."http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga\_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=es&type\_doc=Directive&an\_doc=2006&nu\_doc=40". Noviembre de 2008.
- 24 "<http://www.transyt.upm.es/index.php?folderID=8613>". TRANSYT. Centro de Investigación del Transporte. Abril 2009.
- 25 "<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28165.htm>". Síntesis de la Legislación Europea. Enero 2009.
- 26 "Transporte y Medioambiente: Un dilema por resolver". TERM 2005 por el Ministerio de Medio Ambiente.
- 27 "Tendencias y Proyecciones de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Europa, 2005". Por la Agencia Europea de Medio Ambiente y el Ministerio de Medio Ambiente.
- 28 "Transport at acrossroad.TERM:2008". EEA REPORT N° 3/2009.
- 29"Automóvil, Cambio Climático y Calidad del Aire" Ecotest 2007. RACC Automóvil club.
- 30 "Manual de Procedimiento de Inspección de las Estaciones I.T.V".Capítulo 5: Emisiones Contaminantes. Junio de 2006.
- 31 "<http://sicaweb.cedex.es/comunicaciones1.php>" S.I.C.A. (sistema de información de contaminación acústica). Ministerio de Medioambiente.Marzo 2009.
- 32 "Documento para el Debate". I Conferencia Nacional de Prevención de Residuos emitido por la Secretaria de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.



- 33 "Combustibles Alternativos en Automoción". Manuel Lage Marco. ASEPA 2008.
- 34 "Combustibles Alternativos, el Futuro del Transporte". Artículo de la revista MUNDO MOTOR on line <http://www.mundomotor-pl.com/mm99/106172155947.html>.
- 35 "Combustibles Alternativos". Artículo de la revista Greeencar de Febrero de 2008.
- 36 "Estudio sobre el comportamiento de mezclas biodiesel en un motor diésel de Automoción". Proyecto de investigación de REPSOL y la Universidad de Castilla La Mancha. Lapuerta M. 2007.
- 37 "Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Power Trains in the European Context". Informe Well-to-wheels.2008
- 38 "EcoAuto". Revista especializada de automóvil ecológico. Junio 2008.
- 39 "GreenCar". Revista del vehículo ecológico. Nº1 Febrero-Mayo 2008.

## 7. ANEXO I

Guía de vehículos turismo de venta en España con indicación de consumos y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Esta guía contiene información de consumos y emisiones de CO<sub>2</sub> de los coches nuevos disponibles en el mercado español, con lo que se cumplimenta una de las obligaciones del Real Decreto 837/2002 que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 1999/94/CE. Ha sido elaborada por el IDEA, en colaboración con la ANFAC y ANIACAM.

A continuación se presenta una muestra de la etiqueta obligatoria que debe llevar cada vehículo nuevo de forma claramente visible.

Figura 7.1: Etiqueta obligatoria

Entodos los puntos de venta puede obtenerse gratuitamente una guía sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> en la que figuran los datos de todos los modelos de automóviles de turismos nuevos.

Marca/modelo:

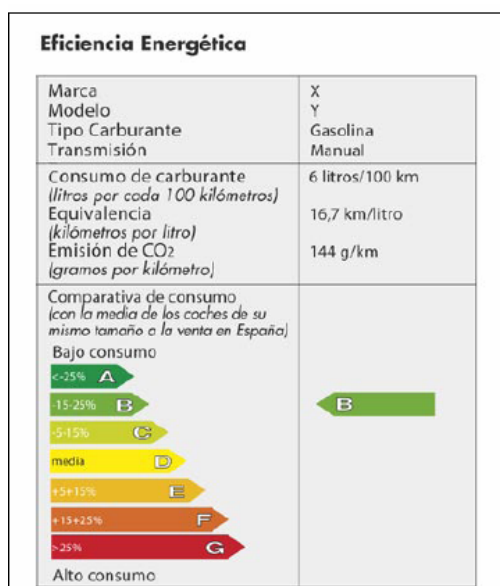
Tipo de carburante:

CONSUMO OFICIAL (SEGÚN LO DISPUESTO EN LA DIRECTIVA 80/1268/CEE)	
Tipo de conducción	l/100 km
En ciudad	
En carretera	
Media ponderada	

EMISIONES ESPECÍFICAS OFICIALES DE CO <sub>2</sub> (SEGÚN LO DISPUESTO EN LA DIRECTIVA 80/1268/CEE)
g/km
El consumo de combustible y las emisiones de CO <sub>2</sub> no sólo dependen del rendimiento del vehículo; también influyen el comportamiento al volante y otros factores no técnicos. El CO <sub>2</sub> es el principal gas de efecto invernadero responsable del calentamiento del planeta.

También se muestra la etiqueta voluntaria como guía del criterio utilizado para la clasificación de los coches por consumo comparativo.

Figura 7.2: Etiqueta voluntaria



Por último se ofrece a continuación un listado con los 30 coches disponibles en el mercado español atendiendo a sus características, menor consumo, mejor clasificación y menores emisiones, por este orden, de gasolina y diesel:

Figura 7.3: 30 vehículos con motor de gasolina eficientes

Marca, Modelo y Versión	Cilindrada (cm³)	Cambio (*)	Potencia CV (kW)	Consumo (l/100km)	Emisión CO <sub>2</sub> (g/km)	Clasificación por consumo
<b>Mayor eficacia energética - GASOLINA</b>						
Toyota Prius Executive	1497	Otros	78 (57)	4,3	104	A
Smart 45 mhd coupe Pure 61 CV (softip)	999	Otros	61 (45)	4,3	103	C
Smart 52 coupe 52 coupe micro híbrido	999	Otros	71 (52)	4,3	103	C
Smart 52 cabrio 52 cabrio micro híbrido	999	Otros	71 (52)	4,4	105	D
Smart 45 mhd coupe Pure 61 CV (softouch)	999	Otros	61 (45)	4,4	104	D
Smart 52 mhd coupe Passion 71 CV (softouch)	999	Otros	71 (52)	4,4	104	D
Smart 52 mhd cabrio Passion 71 CV (softouch)	999	Otros	71 (52)	4,5	106	D
Honda CIVIC 4P. 1.3 i-DSI HYBRID	1339	CVT	115,6 (85)	4,6	109	A
Peugeot 107 3P RC-LINE 1.0 68	998	M	68 (50)	4,6	108	B
Toyota Aygo 1.0 3/5 p	998	M	68 (50)	4,6	109	B
Toyota Aygo 1.0 MMT 3/5 p	998	AS	68 (50)	4,6	109	B
Citroën C1 1.0i 12v	998	M	68 (50)	4,6	109	B
Citroën C1 1.0i 12v SensoDrive	998	A	68 (50)	4,6	109	B
Peugeot 107 5P URBAN / URBAN MOVE 1.0 68 2-TRONIC	998	A	68 (50)	4,6	109	B
Peugeot 107 3P BASIC / URBAN / URBAN MOVE 1.0 68	998	M	68 (50)	4,6	108	B
Peugeot 107 3P URBAN / URBAN MOVE 1.0 68 2-TRONIC	998	A	68 (50)	4,6	108	B
Peugeot 107 5P BASIC / URBAN / URBAN MOVE 1.0 68	998	M	68 (50)	4,6	108	B
Smart 52 coupe Pure/Pulse/Passion 71 CV	999	Otros	71 (52)	4,7	112	D
Smart 52 cabrio Pure/Pulse/Passion 71 CV	999	Otros	71 (52)	4,9	116	E
Smart 62 cabrio Pure/Pulse/Passion 84 CV	999	Otros	84 (62)	4,9	116	E
Smart 62 coupe Pure/Pulse/Passion 84 CV	999	Otros	84 (62)	4,9	116	E
Opel Agila 1.0 12V 65 CV MAN	996	M	65 (48)	5	120	B
Suzuki SPLASH 1.0 GLS	996	M	65 (48)	5	120	B
Subaru JUSTY MY09	998	M	69 (51)	5	118	B
Hyundai i10 1.1 GLS	1086	M	66 (48)	5	119	B

Figura 7.4: 30 modelos con motor diesel eficientes

Marca, Modelo y Versión	Cilindrada (cm³)	Cambio (*)	Potencia CV (kW)	Consumo (l/100km)	Emisión CO <sub>2</sub> (g/km)	Clasificación por consumo
<b>Mayor eficacia energética - GASÓLEO</b>						
Smart CDI Pure Coupe CDI 45 CV	799	Otros	45 (33)	3,3	88	C
Smart CDI Pure Cabrio CDI 45 CV	799	Otros	45 (33)	3,3	88	C
Seat Ibiza ECOMOTIVE 1.4 TDI MAN. 5V	1422	M	80 (59)	3,8	99	A
Volkswagen POLO BLUE MOTION 1.4 TDI MAN. 5V	1422	M	80 (59)	3,8	99	A
MINI Cooper D (R56)	1560	M	108,8 (80)	3,9	104	B
Skoda FABIA (NUEVO) GREEN LINE STATION WAGON 1.4 TDI MAN. 5V	1442	M	80 (59)	4,1	109	A
Volkswagen POLO BLUE MOTION 1.4 TDI MAN. 5V	1422	M	80 (59)	4,1	108	B
Skoda FABIA (NUEVO) GREEN LINE 1.4 TDI MAN. 5V	1422	M	80 (59)	4,1	109	B
MINI Cooper D Clubman (R56)	1560	M	108,8 (80)	4,1	109	B
Peugeot 107 5P URBAN / URBAN MOVE 1.4 HDI 54	1398	M	54 (40)	4,1	109	C
Toyota Aygo 1.4 3/5 p	1398	M	54 (40)	4,1	109	C
Peugeot 107 3P RC-LINE 1.4 HDI 54	1398	M	54 (40)	4,1	108	C
Peugeot 107 3P URBAN / URBAN MOVE 1.4 HDI 54	1398	M	54,4 (40)	4,1	109	C
Citroën C1 HDi 55	1398	M	54,4 (40)	4,1	109	C
Fiat 500 1.3 Multijet	1300	M	75 (55)	4,2	111	C
Citroën C2 HDi 70 Senso Drive	1398	A	68 (50)	4,2	111	C
Lancia Musa 1.3 JTD 90 cv platino DFN	1248	Otros	89,76 (66)	4,3	114	B
Lancia Musa 1.3 JTD 90 cv oro DFN	1248	Otros	89,76 (66)	4,3	114	B
Lancia Ypsilon 1.3 JTD 75 cv platino	1248	M	75 (55)	4,3	114	B
Lancia Ypsilon 1.3 JTD 75 cv oro	1248	M	75 (55)	4,3	114	B
Citroën C3 HDi 70 Senso Drive	1398	A	68 (50)	4,3	113	B
Mazda MAZDA 2 1.4 CR TD Active/Active+	1399	M	68 (50)	4,3	114	B
Seat Ibiza NUEVO 1.4 TDI MAN. 5V	1422	M	80 (59)	4,3	114	B
Citroën C2 HDi 70	1398	M	68 (50)	4,3	113	C
Renault Twingo II 1.5 dCi 65 cv	1461	M	64 (47)	4,3	113	C